

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-013426  
 (43)Date of publication of application : 19.01.2001

(51)Int.Cl.

G02B 26/08  
 H01L 41/09  
 H04N 5/74

(21)Application number : 11-182464

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 28.06.1999

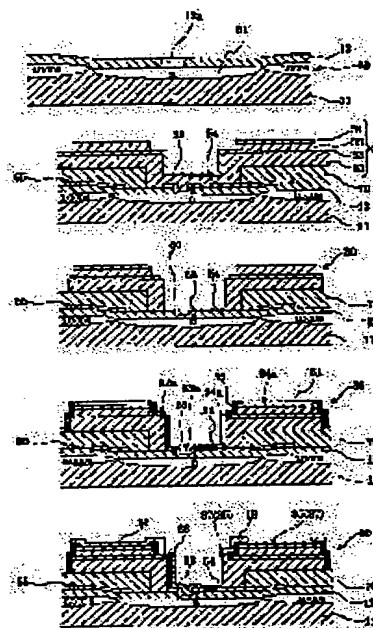
(72)Inventor : SHIMADA KATSUTO  
 SAKAI MARI

## (54) MANUFACTURE OF LIGHT MODULATION DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve an SN ratio by increasing a change in curvature of reflecting interface and improving a light-condensing performance, also to realize miniaturization and space saving, and to improve a production efficiency.

**SOLUTION:** By this production method, the wiring connecting between a piezo-electric element 30 and a driving element 50 can be formed relatively easier by comprising a process for forming a driving element 50 on a substrate 11, a process for forming an insulating film 12 on the driving element 50, a process for forming a connection terminal part for connecting to the driving element 50 on the insulating film 12, a process for leading out of the connection terminal part a drive wiring 53 to be connected with either of the electrodes of the piezo-electric element 30, a process for pattern-forming a sacrificing layer 70 for forming the piezo-electric element 30 via a supporting member at a position corresponding to the driving element 50, a process for pattern-forming the piezo-electric element 30 on the sacrificing layer 70, a process for forming a 1st connection wiring 36 for connecting either of the electrodes of the piezo-electric element 30 with the drive wiring 53 and also forming a 2nd connection wiring 37 to be connected with the other electrode, and a process for forming the supporting member by removing the sacrificing layer 70.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] The mirror element which has the mirror membrane structure which reflects light while having the piezoelectric device which consists of the 1st and 2nd electrodes which pinch a piezo electric crystal layer and this, In the manufacture approach of a light modulation device of having the driver element prepared on the substrate corresponding to this mirror element The process which forms said driver element on said substrate, and the process which forms an insulator layer on said driver element, The process which carries out the connection terminal area for making connection with said driver element in said insulator layer, The process which pulls out wiring for a drive connected to one electrode of said piezoelectric devices from said connection terminal area, The process which carries out pattern formation of the sacrifice layer for forming said piezoelectric device in the location corresponding to said driver element through supporter material, The process which forms wiring for the 2nd connection connected to the electrode of another side while forming wiring for the 1st connection which connects the process which carries out pattern formation of said piezoelectric device, and one electrode of the piezoelectric devices concerned and said wiring for a drive, respectively on this sacrifice layer, The manufacture approach of the light modulation device characterized by having the process which removes said sacrifice layer and forms said supporter material.

[Claim 2] The manufacture approach of the light modulation device characterized by forming the 1st signal wiring linked to the electrode of said another side while forming the wiring for a drive concerned, and connecting the 1st signal wiring concerned and said wiring for the 2nd connection after that in claim 1 at the process which forms said wiring for a drive.

[Claim 3] The manufacture approach of the light modulation device characterized by forming the 2nd signal wiring which is further connected to the drain of said driver element, and supplies a signal in claim 2 at the process which forms said wiring for a drive.

[Claim 4] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-3 ], preparing the piezoelectric-device removal section which removed said piezoelectric device at least to said piezoelectric device of the field which counters said supporter material and the supporter material concerned, separating into said piezoelectric-device removal circles superficially, and arranging said wiring for the 1st and 2nd connection.

[Claim 5] The manufacture approach of the light modulation device characterized by preparing the supporter material penetration section which is open for free passage to said supporter material at said piezoelectric-device removal section in claim 4, and installing said wiring for the 1st and 2nd connection to the supporter material penetration circles concerned.

[Claim 6] The manufacture approach of the light modulation device characterized by having the process which forms said supporter material of the shape of an island corresponding to said driver element in claim 4 or 5 before the process which forms said sacrifice layer.

[Claim 7] The manufacture approach of the light modulation device characterized by installing said wiring for a drive and said 1st signal wiring to a top face through the external surface of said supporter material, and connecting said wiring for a drive, said wiring for the 1st connection, and said 1st signal wiring and said wiring for the 2nd connection in said piezoelectric-device removal department in claim 6.

[Claim 8] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-7 ], and one electrode of said piezoelectric devices serving as said mirror membrane structure.

[Claim 9] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-7 ], and forming the reflective film on one electrode of said piezoelectric devices.

[Claim 10] The manufacture approach of the light modulation device characterized by said reflective film serving as said wiring for the 1st or 2nd connection in claim 9.

[Claim 11] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-7 ], and forming at least one mirror member which constitutes said mirror membrane structure on said piezoelectric device.

[Claim 12] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-11 ], and forming said supporter material in the abbreviation center section of said piezoelectric device while making said piezoelectric device into the configuration which spreads in the direction of two dimension from a connection part with said supporter material.

[Claim 13] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-11 ], and forming said supporter material in the longitudinal direction end section while making said piezoelectric device into the configuration which spreads in an abbreviation one direction from a connection part with said supporter.

[Claim 14] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-13 ], and forming said driver element on said substrate which consists of single crystal silicon.

[Claim 15] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-14 ], and for said substrate consisting of a substrate with which the insulator or the insulator layer was formed, and forming a transistor on said substrate.

[Claim 16] The manufacture approach of the light modulation device characterized by being the plug with which the conductive member was laid under the contact hole where it set they to be [ any of claims 1-15 ], and said connection terminal area was formed in said insulating layer, or the contact hole concerned.

[Claim 17] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-16 ], and arranging said 2nd signal wiring and the 3rd signal wiring which is the gate electrode of said driver element in the crossing direction.

[Claim 18] The manufacture approach of the light modulation device characterized by arranging these wiring in the direction not crossing so that it may set they to be [ any of claims 1-17 ] and the contact of said 1st signal wiring and 2nd signal wiring may not be formed.

[Claim 19] The manufacture approach of the light modulation device characterized by setting they being [ any of claims 1-

18 ], and grounding said 1st signal wiring.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the light modulation device for displaying by modulating incident light according to deformation of a reflective mirror.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a light modulation device for displaying by modulating light conventionally For example, the thing which an electrical potential difference is impressed [ thing ] to the electrode prepared on the substrate, makes a mirror incline according to the electrostatic force etc., and modulates incident light. What makes this mirror incline and modulates incident light is known by preparing a mirror on the piezoelectric device which pinched the piezo electric crystal layer by the electrode layer of a pair, impressing an electrical potential difference through a driver element, and making a piezoelectric device deform.

[0003] Moreover, as a thing using a piezoelectric device, what form in the front face of a cantilever-like piezoelectric device the mirror film which consists of a thin film etc., and this mirror film is made crooked by making a piezoelectric device deform, and changes the direction of incident light is proposed so that a \*\*\*\*\* No. 504387 [ nine to ] official report may see.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, anyway, the light modulation device using such a piezoelectric device is the structure of the shape of a cantilever which supported the longitudinal direction end section of a piezoelectric device, and in order that it may change the direction of light and may become irregular by making a piezoelectric device deform only into the one direction in alignment with that longitudinal direction in the case of this structure, it has the problem that the modulation engine performance is low.

[0005] Moreover, even if it makes it which structure, since wiring which connects the upper electrode which constitutes a piezoelectric device and a bottom electrode, and a driver element is formed at another process, respectively, its production process is complicated, and it has the problem that manufacture effectiveness is low.

[0006] this invention makes it a technical problem to offer the manufacture approach of the light modulation device which enables small and space-saving-ization while attributing curvature change of a reflector size, raising the condensing engine performance in view of such a situation and raising an SN ratio, and can improve manufacture effectiveness.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The mirror element which has the mirror membrane structure which reflects light while the 1st mode of this invention which solves the above-mentioned technical problem has the piezoelectric device which consists of the 1st and 2nd electrodes which pinch a piezo electric crystal layer and this. In the manufacture approach of a light modulation device of having the driver element prepared on the substrate corresponding to this mirror element The process which forms said driver element on said substrate, and the process which forms an insulator layer on said driver element, The process which forms the connection terminal area for making connection with said driver element in said insulator layer, The process which pulls out wiring for a drive connected to one electrode of said piezoelectric devices from said connection terminal area, The process which carries out pattern formation of the sacrifice layer for forming said piezoelectric device in the location corresponding to said driver element through supporter material, The process which forms wiring for the 2nd connection connected to the electrode of another side while forming wiring for the 1st connection which connects the process which carries out pattern formation of said piezoelectric device, and one electrode of the piezoelectric devices concerned and said wiring for a drive, respectively on this sacrifice layer, It is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by having the process which removes said sacrifice layer and forms said supporter material.

[0008] In this 1st mode, wiring which connects a piezoelectric device and a driver element can be formed comparatively easily irrespective of the configuration of a piezoelectric device.

[0009] In the 1st mode, at the process which forms said wiring for a drive, the 2nd mode of this invention forms the 1st signal wiring linked to the electrode of said another side while forming the wiring for a drive concerned, and it is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by connecting the 1st signal wiring concerned and said wiring for the 2nd connection after that.

[0010] In this 2nd mode, since wiring for a drive and the 1st signal wiring are formed in the same layer, a production process can be simplified.

[0011] The 3rd mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming the 2nd signal wiring which is further connected to the drain of said driver element, and supplies a signal in the 2nd mode at the process which forms said wiring for a drive.

[0012] In this 3rd mode, since wiring for a drive, the 1st signal wiring, and the 2nd signal wiring are formed in the same layer, a production process can be simplified.

[0013] the 4th mode of this invention -- which 1-3rd voice -- it sets like, the piezoelectric-device removal section which removed said piezoelectric device at least to said piezoelectric device of the field which counters said supporter material and the supporter material concerned is prepared, and it is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by separating into said piezoelectric-device removal circles superficially, and arranging said wiring for the 1st and 2nd connection.

[0014] In this 4th mode, wiring with a piezoelectric device and a driver element can be formed in piezoelectric-device removal circles comparatively easily.

[0015] In the 4th mode, the 5th mode of this invention prepares the supporter material penetration section which is open for free passage to said supporter material at said piezoelectric-device removal section, and is in the manufacture approach of

the light modulation device characterized by installing said wiring for the 1st and 2nd connection to the supporter material penetration circles concerned.

[0016] In this 5th mode, wiring with a piezoelectric device and a driver element can be formed comparatively easily through the supporter material penetration section.

[0017] The 6th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by having the process which forms said supporter material of the shape of an island corresponding to said driver element before the process which forms said sacrifice layer in the mode of the 4th or 5.

[0018] In this 6th mode, a piezoelectric device is supported through island-like supporter material.

[0019] In the 6th mode, the 7th mode of this invention installs said wiring for a drive and said 1st signal wiring to a top face through the external surface of said supporter material, and is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by connecting said wiring for a drive, said wiring for the 1st connection, and said 1st signal wiring and said wiring for the 2nd connection in said piezoelectric-device removal department.

[0020] In this 7th mode, after forming island-like supporter material, a piezoelectric device etc. is formed, and wiring with a piezoelectric device and a driver element can be connected easily and certainly on supporter material.

[0021] the 8th mode of this invention — which 1-7th voice — it sets like and one electrode of said piezoelectric devices is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by serving as said mirror membrane structure.

[0022] In this 8th mode, since the mirror film and one electrode are formed at the same process, a production process can be simplified.

[0023] The 9th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming the reflective film on one electrode of said piezoelectric devices in which 1-7th modes.

[0024] In this 9th mode, since the reflective film can be chosen apart from an electrode layer, the mirror film with a high reflection factor can be formed.

[0025] The 10th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by said reflective film serving as said wiring for the 1st or 2nd connection in the 9th mode.

[0026] In this 10th mode, since the reflective film constitutes a part of piezoelectric device and driver element of wiring, a production process is simplified.

[0027] The 11th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming at least one mirror member which constitutes said mirror membrane structure on said piezoelectric device in which 1-7th modes.

[0028] In this 11th mode, since light is reflected by the mirror member, a flat reflector is acquired also at the time of a drive.

[0029] the 12th mode of this invention — which 1-11th voice — it sets like, and while making said piezoelectric device into the configuration which spreads in the direction of two dimension from a connection part with said supporter material, it is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming said supporter material in the abbreviation center section of said piezoelectric device.

[0030] In this 12th mode, the light modulation device which the mirror element was deformed in the shape of a curved surface, and improved curvature variation can be manufactured comparatively easily.

[0031] the 13th mode of this invention — which 1-11th voice — it sets like, and while making said piezoelectric device into the configuration which spreads in an abbreviation one direction from a connection part with said supporter, it is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming said supporter material in the longitudinal direction end section.

[0032] In this 13th mode, a piezoelectric device is supported in the state of a cantilever, and the light modulation device which deforms an edge as the supporting point can be manufactured comparatively easily.

[0033] The 14th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming said driver element on said substrate which consists of single crystal silicon in which 1-13th modes.

[0034] In this 14th mode, a driver element can be formed comparatively easily on a substrate.

[0035] In which 1-14th modes, said substrate consists of a substrate with which the insulator or the insulator layer was formed, and the 15th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by forming a transistor on said substrate.

[0036] The engine performance of a driver element can be improved in this 15th mode.

[0037] The 16th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by being the plug with which the conductive member was laid under the contact hole where said connection terminal area was formed in said insulating layer, or the contact hole concerned in which 1-15th modes.

[0038] In this 16th mode, a driver element and wiring for a drive are connected through a contact hole or a plug.

[0039] The 17th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by arranging said 2nd signal wiring and the 3rd signal wiring which is the gate electrode of said driver element in the crossing direction in which 1-16th modes.

[0040] In this 17th mode, the piezoelectric device of the part which these intersect can be alternatively driven by choosing any of the 3rd signal wiring with any of the 2nd signal wiring they are.

[0041] In which 1-17th modes, the 18th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by arranging these wiring in the direction not crossing so that the contact of said 1st signal wiring and 2nd signal wiring may not be formed.

[0042] In this 18th mode, the 1st signal wiring and the 2nd signal wiring do not connect too hastily, and these wiring can be formed on the same flat surface.

[0043] The 19th mode of this invention is in the manufacture approach of the light modulation device characterized by grounding said 1st signal wiring in which 1-18th modes.

[0044] In this mode of 19, an electrical potential difference can be easily applied to the 2nd signal wiring and the 3rd signal wiring on the basis of the 1st signal wiring.

[0045]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained to an operation gestalt and \*\*\*\*\* is explained to a detail.

[0046] (Operation gestalt 1) Drawing 1 is the perspective view showing the outline of the light modulation device concerning the operation gestalt 1, and drawing 2 is the sectional view showing the one mirror element.

[0047] As shown in drawing 1, as for the light modulation device 10 of this operation gestalt, it has the mirror substrate 11 formed with the silicon (Si) substrate whose thickness is 500 micrometers, the mirror element 20 prepared in the shape of a two dimensional array on this mirror substrate 11, and the driver element 50 made to deform this mirror element 20.

[0048] The mirror element 20 is formed in the shape of [ of for example, 1280x1024 elements ] a two dimensional array, and

each mirror element 20 has the piezoelectric device 30 which has the bottom electrode layer 32, the piezo electric crystal layer 33, and the upper electrode layer 34 which were formed on the elastic plate 31, and the reflective film 35 which continued all over abbreviation and was prepared on the upper electrode layer 34 of this piezoelectric device 30, as shown in drawing 2. Moreover, the through tube which one side has the abbreviation square which is about 20 micrometers, and the front face of each mirror element 20 mentions later in the abbreviation core is formed. Moreover, with this operation gestalt, it has cylindrical shape-like supporter 31a in the abbreviation center section of the elastic plate 31, and the mirror element 20 is being fixed to the mirror substrate 11 through this supporter 31a. Namely, the field of 20 micrometers of one-side abbreviation is transformed by these mirror elements 20 by using this supporter 31a as the supporting point. Although especially the outer diameter of supporter 31a holding such a mirror element 20 is not limited, it is desirable that it is small as much as possible in the mirror element 20 at extent which can be held certainly.

[0049] Moreover, the through tube 40 which penetrates these and exposes the mirror substrate 11 is formed in the mirror element 20 of the field which counters this supporter 31a and this, and the upper electrode layer 34 of a driver element 50 and a piezoelectric device 30 and the bottom electrode layer 32 are connected to it through this through tube 40, respectively.

[0050] This driver element 50 is a transistor which drives a piezoelectric device 30, for example, is the n channel MOS transistor prepared in the silicon substrate of p mold corresponding to each mirror element 20. These driver elements 50 are covered with the 1st interlayer insulation film 12, and each mirror element 20 is formed through supporter 31a in fact on this 1st interlayer insulation film 12.

[0051] Here, the fundamental configuration of the MOS transistor which is the driver element 50 which drives a piezoelectric device 30 is explained. An MOS transistor has the source 51 and the drain 52 with which the donor was doped by two places of the mirror substrate 11 which is p form silicon substrate, respectively, as shown in drawing 3. It connects with the bottom electrode layer 32 of a piezoelectric device 30 through drive wiring 53 grade, and the 1st signal line 54 is connected to the source 51 at the upper electrode layer 34. Moreover, the 2nd signal line 55 is connected to the drain 52, and the gate electrode 56 is formed through gate dielectric film 59 between these sources 51 and a drain 52.

[0052] In the MOS transistor of such a configuration, if forward bias voltage is impressed to the gate electrode 56 to the source 51, since an electron hole is driven out of a front face with the forward electrical potential difference impressed to the front face, induction of the electron will be carried out to the mirror substrate 11 which is p form silicon substrate by electrostatic induction, and the channel 57 which is an electronic path will be formed in it of it on the semi-conductor front face which touches gate dielectric film 59. If a forward electrical potential difference is impressed to a drain 52 to the source 51 at this time, the electron poured in from the source 51 will move to a drain 52 through a channel 57. That is, a current flows between a drain 52 and the source 51, and a piezoelectric device 30 drives to it.

[0053] Here, the wiring structure of the piezoelectric device 30 and driver element 50 concerning this operation gestalt is explained. Drawing 4 is the top view in which the driver element 50 showed one typically. In addition, drawing 2 serves as drawing showing the A-A cross section of drawing 4.

[0054] As shown in drawing 2 and drawing 4, the connection terminal area 58 which connects the bottom electrode layer 32 and the source 51 of a driver element 50 to the 1st interlayer insulation film 12 of the field corresponding to the through tube 40 of supporter 31a is formed. This connection terminal area 58 consists of these operation gestalten by installing the drive wiring 53 connected to the source 51 at this contact hole 12a on the 1st interlayer insulation film 12 while contact hole 12a which exposes the source 51 to the 1st interlayer insulation film 12 is formed. And the drive wiring 53 used as this connection terminal area 58 and the bottom electrode layer 32 are connected by the connection wiring 36 for bottom electrodes installed by a part of circumferencial direction on the 2nd interlayer insulation film 13 prepared in the through tube 40. In addition, this connection terminal area 58 is good also as a configuration which is not limited to the configuration which forms the drive wiring 53 in contact hole 12a, but lays plug members, such as a tungsten (W), under the contact hole 12a through contact hole 12a formed in the 1st interlayer insulation film 12 that what is necessary is just the configuration in which the bottom electrode layer 32 and connection are possible, and connects this and the bottom electrode layer 32.

[0055] Moreover, the 1st signal line 54 which supplies a signal to the upper electrode layer 34 at the both sides of this connection terminal area 58, and the 2nd signal line 55 linked to the drain 52 of a driver element 50 are installed in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross by the gate electrode 56 with this operation gestalt, respectively. [0056] This 1st signal line 54 is formed so that it may be located in the field to which the crosswise end section counters the through tube 40 of supporter 31a at least, and it is grounded at the edge of that installation direction. Moreover, the 1st signal line 54 and the upper electrode layer 34 are connected by the connection wiring 37 for upper electrodes installed on the 2nd interlayer insulation film 13 prepared in the through tube 40. For example, with this operation gestalt, the reflective film 35 serves as the connection wiring 37 for upper electrodes, and the reflective film 35 is installed in a part of circumferencial direction in a through tube 40 from on the upper electrode layer 34, and is connected to outcrop 54a of the crosswise end section of the 1st signal line 54. In addition, it cannot be overemphasized that the reflective film 35 and the connection wiring 37 for upper electrodes may be formed separately.

[0057] Here, with this operation gestalt, the reflective film 35 which serves both as the connection wiring 36 for bottom electrodes and the connection wiring 37 for upper electrodes is certainly insulated, although installed on the 2nd interlayer insulation film 13 which it is on the same flat surface. That is, although phase opposite is carried out, and these connection wiring 36 and 37 is formed in the through tube 40 by predetermined width of face and is later mentioned in detail in the installation direction, it is certainly insulated with the 2nd interlayer insulation film 13.

[0058] Moreover, with this operation gestalt, the 2nd signal line 55 is formed in the outside of supporter 31a, and is connected with the drain 52 through contact hole 12b prepared in the 1st interlayer insulation film 12 of the field which counters the drain 52 of a driver element 50.

[0059] With such a configuration, the desired piezoelectric device 30 can be made to impress and drive an electrical potential difference alternatively by actuation of the above driver elements 50, and deformation control of the mirror element 20 can be performed easily.

[0060] Although such a manufacture approach especially of the light modulation device 10 of this operation gestalt was not limited, it was manufactured at the following processes by this operation gestalt. In addition, drawing 5 and drawing 6 are the sectional views showing the manufacture approach of the light modulation device of this operation gestalt.

[0061] First, as shown in drawing 5 (a), contact hole 12a which exposes the source 51 is formed in the field which counters the source 51 of a driver element 50 by forming the 1st interlayer insulation film 12 on the mirror substrate 11 in which the driver element 50 which is an MOS transistor beforehand was formed, and carrying out patterning to the silicon substrate of p mold after that. Especially if the quality of the material of this 1st interlayer insulation film 12 is an insulating material, it will not be limited, for example, silicon nitride, oxidation silicon, etc. can be used for it.

[0062] Next, as shown in drawing 5 (b), the drive wiring 53, the 1st signal line 54, and the 2nd signal line 55 are formed on the

1st interlayer insulation film 12. That is, it considers as the drive wiring 53, the 1st signal line 54, and the 2nd signal line 55 by forming the wiring film 60 all over the 1st interlayer insulation film 12 top, and carrying out patterning after that.

[0063] Next, as shown in drawing 5 (c), while forming the sacrifice layer 70, patterning is carried out and the sacrifice layer removal section 71 is formed corresponding to each mirror element 20. This sacrifice layer 70 was for forming supporter 31a corresponding to each mirror element 20, although especially that ingredient was not limited, it was desirable to have used polish recon or phosphorus dope silicon oxide (PSG), and PSG with a comparatively quick etching rate was used for it with this operation gestalt, for example.

[0064] Next, as shown in drawing 5 (d), in accordance with the configuration of the sacrifice layer 70, the laminating of the elastic plate 31 which constitutes a piezoelectric device 30, the bottom electrode layer 32, the piezo electric crystal layer 33, and the upper electrode layer 34 is carried out one by one.

[0065] Although the ingredient of an elastic plate 31 was not especially limited when it was an ingredient which has the predetermined rigidity in which elastic deformation is possible, it was used as the elastic plate 31 which oxidizes thermally with the 500-1200-degree C diffusion furnace after forming a zirconium layer, and consists of a zirconium dioxide with this operation gestalt.

[0066] As an ingredient of the bottom electrode layer 32, platinum etc. is suitable. It is because the piezo electric crystal layer 33 which forms membranes with the sputtering method or a sol-gel method needs to calcinate and it is necessary to crystallize it at the temperature of about 600-1000 degrees C under an atmospheric-air ambient atmosphere or an oxygen ambient atmosphere after membrane formation so that this may be mentioned later. That is, when conductivity must be able to be held under such an elevated temperature and an oxidizing atmosphere and titanate-acid lead zirconate (PZT) is especially used as a piezo electric crystal layer 33, as for the ingredient of the bottom electrode layer 32, it is desirable for there to be little conductive change by diffusion of lead oxide (PbO). From these reasons, platinum was formed by sputtering with this operation gestalt.

[0067] As an ingredient of the piezo electric crystal layer 33, it was desirable, and with this operation gestalt, the ingredient of a titanate-acid lead zirconate (PZT) system carried out spreading desiccation, gelled the so-called sol which dissolved and distributed the metal organic substance at the catalyst, and formed the piezo electric crystal layer 33 using the so-called sol-gel method used as a metallic oxide by calcinating at an elevated temperature further. In addition, especially the membrane formation approach of this piezo electric crystal layer 33 is not limited, for example, may be formed by the sputtering method.

[0068] Furthermore, the approach of carrying out crystal growth at low temperature with the high-pressure approach in the inside of an alkali water solution after forming the precursor film of titanate-acid lead zirconate by the sol-gel method or the sputtering method may be used.

[0069] The upper electrode layer 34 can use a metal, a conductive oxide, etc. of many, such as aluminum, gold, nickel, and platinum, that what is necessary is just a conductive high ingredient. With this operation gestalt, platinum is formed by sputtering.

[0070] Next, as shown in drawing 6 (a), patterning of the upper electrode layer 34 and the piezo electric crystal layer 33 which constitute a piezoelectric device 30 is carried out by etching. Then, as shown in drawing 6 (b), patterning of the bottom electrode layer 32 and the elastic plate 31 is carried out by etching, and while forming each piezoelectric device 30 which constitutes the mirror element 20, the through tube 40 which exposes the drive wiring 53 and the 1st signal line 54 is formed in the abbreviation center section of each piezoelectric device 30. At this time, it is desirable to carry out patterning of the edge by the side of the through tube 40 of the bottom electrode layer 32 so that it may be located inside the piezo electric crystal layer 33 at least, and to expose the front face of the bottom electrode layer 32.

[0071] Next, patterning is carried out, while covering a piezoelectric device 30 and a through tube 40 and forming the 2nd interlayer insulation film 13, as shown in drawing 6 (c). While forming upper electrode outcrop 34a which leaves both ends, continues all over circumferential direction abbreviation, and the upper electrode layer 34 exposes on the upper electrode layer 37 by patterning in detail, bottom electrode outcrop 32a which some front faces of a circumferential direction expose is formed on the bottom electrode layer 32. Furthermore, while forming drive wiring outcrop 53a which the part exposes at least on the drive wiring 53 on the mirror substrate 11, signal-line outcrop 54a which the part on the 1st signal line 54 exposes is formed.

[0072] Thus, while the insulation with the connection wiring 36 for bottom electrodes and the connection wiring 37 for upper electrodes which are formed at the following processes with this 2nd interlayer insulation film 13 is achieved by carrying out patterning of the 2nd interlayer insulation film 13, the insulation with the drive wiring 53 and the 1st signal line 54 is achieved. In addition, as an ingredient of this 2nd interlayer insulation film 13, polyimide besides silicon nitride and oxidation silicon may be used like the 1st interlayer insulation film 12.

[0073] Next, as shown in drawing 6 (d), while forming the reflective film 35 on the upper electrode layer 34, the connection wiring 36 for bottom electrodes and the connection wiring 37 for upper electrodes are formed in the inner skin of a through tube 40. With this operation gestalt, the reflective film 35 serves as the connection wiring 37 for upper electrodes, and this reflective film 35 and the connection wiring 36 for bottom electrodes are formed by the same flat surface, i.e., the same layer. Therefore, while forming the connection wiring film 61 used as the reflective film 35 and the connection wiring 36 for bottom electrodes [ the inside of a through tube 40 ] from on the upper electrode layer 34, it can form by carrying out patterning and dissociating. That is, while continuing all over abbreviation on the upper electrode layer 34 and forming the reflective film 35, the connection wiring 37 for upper electrodes is installed from some reflective film 35 to signal-line outcrop 54a succeeding a part of circumferential direction of a through tube 40. Furthermore, the connection wiring 36 for bottom electrodes which connects bottom electrode layer outcrop 32a and drive wiring outcrop 53a to a part of circumferential direction of a through tube 40 is formed.

[0074] In addition, as an ingredient of such connection wiring film 61, since the reflective film 35 serves as the connection wiring 37 for upper electrodes with this operation gestalt, it is a conductive ingredient, it is desirable that the reflection factor of light is high, for example, it is desirable to use aluminum (aluminum) or silver (Ag).

[0075] Then, etching removes the sacrifice layer 70. With this operation gestalt, as an ingredient of the sacrifice layer 70, since PSG was used, it etched with the fluorine acid water solution. In addition, when polish recon is used, it can etch with the mixed water solution of fluorine acid and a nitric acid, or a potassium-hydroxide water solution.

[0076] The above is a series of production processes of the light modulation device of this operation gestalt. In addition, what is necessary is just to connect the 2nd signal line 55 and a drain 52 to the 1st interlayer insulation film 12 of the field which counters a drain 52 by forming a through tube etc. like the connection of the drive wiring 53 and the source 51, although connection between the 2nd signal line 55 and the drain 52 of a driver element 50 is not explained.

[0077] Here, actuation of the light modulation device of this operation gestalt formed in this way is explained. In addition, drawing 7 is drawing having shown typically the optical path of the light irradiated by the light modulation device and light

modulation device of this operation gestalt.

[0078] The light modulation device 10 is what modulates light by making the mirror element 20 deform. With this operation gestalt The mirror element 20 has become almost flat in the condition that an electrical potential difference is not impressed to a piezoelectric device 30, and if an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device 30 by switching of a driver element 50, the piezo electric crystal layer 33 of a piezoelectric device 30 will contract to field inboard. The mirror element 20 uses as the supporting point supporter 31a to which the elastic plate 31 was joined, a piezoelectric device 30 transforms an elastic plate 31 side as a convex, and the reflective film 35 serves as a concave mirror.

[0079] Moreover, such a light modulation device 10 of this operation gestalt possesses the protection-from-light dot array 100 to the mirror element 20 in the location which carries out phase opposite, as shown in drawing 7. This protection-from-light dot array 100 consists of transparence substrates, such as glass, each mirror element is countered, and the protection-from-light dot 101 is formed. The carbon black which this protection-from-light dot 101 consisted of a light absorption ingredient, for example, was distributed by resin, a black pigment, a black color, etc. are mentioned. Moreover, the protection-from-light dot array 100 is formed near the focus of mirror element 20B which each protection-from-light dot 101 deformed in the shape of a concave mirror. For example, in the configuration of this operation gestalt, since the deformation of mirror element 20B is 0.2 micrometers, the protection-from-light dot 101 is formed in the distance of about 0.2mm from each mirror element 20.

[0080] With such a configuration, in the condition that the electrical potential difference is not impressed to the piezoelectric device 30, since incidence of the incident light 90 is carried out to an abbreviation right angle to the reflective film 35 of mirror element 20A, outgoing radiation of the incident light 90 is carried out by the incident light way and the abbreviation same optical path. On the other hand, since a mirror element is deformed by the driver element 50 where an electrical potential difference is impressed to a piezoelectric device 30, and it becomes a concave mirror by it, after being reflected, it is condensed in the direction of a focus of mirror element 20B which deformed. With this operation gestalt, since it is prepared near the focus of mirror element 20B which the protection-from-light dot 101 deformed as mentioned above, it is condensed by the protection-from-light dot 101, and incident light 90 does not return in the direction of incidence, after being reflected. That is, when such a light modulation device 10 is used for a display etc., therefore, ON of incident light 90 and control of OFF can be easily performed for not impressing an electrical potential difference to a piezoelectric device 30. In addition, of course, although the case where the case where a piezoelectric device 30 does not deform turned on and deforms serves as OFF in the example mentioned above, it can also set up so that it may become this and reverse.

[0081] With the configuration of these above operation gestalten, the connection wiring 37 for upper electrodes which connects the upper electrode layer 34 of a piezoelectric device 30 and the bottom electrode layer 32, and a driver element 50, and the connection wiring 36 for bottom electrodes can be formed comparatively easily. Moreover, the connection wiring 37 for these top electrodes and the connection wiring 36 for bottom electrodes were formed in the through tube 40 formed in supporter 31a. Thereby, from supporter 31a, a piezoelectric device 30 can realize the light modulation device of structure installed in the direction of two dimension, and can also form the wiring comparatively easily.

[0082] Therefore, compared with the configuration made to hold and transform the perimeter of a mirror element, the light modulation device which enlarged deformation of a mirror element enough is realizable. Moreover, the numerical aperture of a reflector is large and reflective effectiveness of a light modulation device [ such ] improves. Furthermore, the rate of condensing is high and a light modulation device with a large SN ratio can be realized. Moreover, since wiring of a piezoelectric device which connects an upper electrode layer and a driver element at least is prepared in the part which does not deform substantially [ a mirror element ], deformation is not restrained with wiring and performance degradation can be prevented.

[0083] Moreover, with the operation gestalt mentioned above, although the 1st signal line 54 was grounded at the edge of the installation direction, it is not limited to this.

[0084] (Operation gestalt 2) Drawing 8 is the sectional view of the light modulation device concerning the operation gestalt 2.

[0085] This operation gestalt is the example which formed the supporter material which supports the mirror element 20 by another member in the mirror element 20. With this operation gestalt As shown in drawing 8, the island-like supporter material 80 is formed on a mirror substrate, the mirror element 20 is fixed on the mirror substrate 11 through this supporter material 80, and penetration section 40A which the front face of the supporter material 80 exposes is prepared in the field which counters this supporter material 80.

[0086] Moreover, with this operation gestalt, contact hole 12a which exposes the source 51 of a driver element 50 is formed in the 1st interlayer insulation film 12 of the outside of the supporter material 80, the drive wiring 53 is installed on the supporter material 80 of the field which counters penetration section 40A from this contact hole 12a, and it connects with the bottom electrode layer 32 through the connection wiring 36 for bottom electrodes within this penetration section 40A. Moreover, the 1st signal line 54 is also installed on the supporter material 80, and it connects with the upper electrode layer 34 through the reflective film 35 which serves as the connection wiring 37 for upper electrodes on the supporter material 80 of the field which counters penetration section 40A.

[0087] Such a manufacture approach especially of the light modulation device of a configuration was limited, and \*\* manufactured it at the following processes for example, by this operation gestalt. In addition, drawing 9 is the sectional view showing the production process of the light modulation device concerning the operation gestalt 2.

[0088] First, as shown in drawing 9 (a), corresponding to each mirror element 20, the island-like supporter material 80 is formed by forming the 1st interlayer insulation film 12 on the mirror substrate 11 which formed the driver element 50 which becomes the silicon substrate of p mold from an MOS transistor beforehand like the operation gestalt 1, and forming and carrying out patterning of the supporter material ingredient layer 81 on this 1st interlayer insulation film 12.

[0089] Next, as shown in drawing 9 (b), contact hole 12a which exposes the source 51 of a driver element 50 is formed by carrying out patterning of the 1st interlayer insulation film 12 to each about 80 support member of the 1st interlayer insulation film 12.

[0090] Next, as shown in drawing 9 (c), the drive wiring 53, the 1st signal line 54, and the 2nd signal line 55 are formed on the 1st interlayer insulation film 12 and the supporter material 80. That is, it considers as the drive wiring 53, the 1st signal line 54, and the 2nd signal line 55 by forming the wiring film 60 all over the 1st interlayer insulation film 12 and supporter material 80 top, and carrying out patterning after that.

[0091] Next, as shown in drawing 9 (d), the sacrifice layer 70 is formed in the perimeter of the supporter material 80. although each class which constitutes a piezoelectric device 30 from the following processes is formed on this sacrifice layer 70 -- the height of the inferior surface of tongue of this piezoelectric device 30, and the height of the top face of the supporter material 80 -- abbreviation -- the same thing is desirable. Therefore, as for this sacrifice layer 70, it is desirable to form in the height of the supporter material 80 and abbreviation identitas.



[0092] In addition, the light modulation device of the configuration of this operation gestalt can be manufactured after that like the production process of the operation gestalt 1 shown in drawing 6 by removing the sacrifice layer 70 for a piezoelectric device 30 and reflective film 35 grade after formation and patterning.

[0093] Also in the configuration of such this operation gestalt, wiring which connects the upper electrode layer 34 of a piezoelectric device 30 and the bottom electrode layer 32, and a driver element 50 can be formed comparatively easily like the operation gestalt 1, and the light modulation device which enlarged deformation of a mirror element enough can be realized.

[0094] In addition, although considered as the configuration which makes connection between the drive wiring 53 and the connection wiring 36 for bottom electrodes etc. on the supporter material 80 with this operation gestalt, the free passage hole which is not limited to this, for example, is open for free passage to the mirror substrate 11 at supporter material is prepared, and it may be made to carry out on the mirror substrate 11.

[0095] (Other operation gestalten) Although not limited to the operation gestalt which mentioned above the light modulation device of this invention although each operation gestalt of this invention was explained above, connection wiring with a piezoelectric device and a driver element can be formed anyway comparatively easily.

[0096] Moreover, although the reflective film 35 shall act as a concave mirror, it is not limited to this, but adjusts membrane formation conditions etc. suitably, and you may make it make it act as a convex mirror with the operation gestalt mentioned above.

[0097] Moreover, although the light modulation device which supports the mirror element 20, for example, a piezoelectric device 30 is installed in the direction of two dimension from the part corresponding to the supporter material 80, and deforms the mirror element 20 in the shape of a curved surface by using the part corresponding to this supporter material 80 as the supporting point was illustrated with the above-mentioned operation gestalt for example As it is not limited to this configuration, for example, is shown in drawing 10 (a), mirror element 20C is installed in an abbreviation one direction from supporter material 80A, and this invention is applicable even if it is the configuration of having been supported by supporter material 80A in the state of the cantilever in that longitudinal direction end section.

[0098] Moreover, although the configuration which formed the reflective film 35 on the piezoelectric device 30, and was used as the mirror element 20 was illustrated with the above-mentioned operation gestalt for example As it is not limited to this, for example, is shown in drawing 10 (b), with supporter material 80 of piezoelectric-device 30A supported by supporter material 80A in the state of cantilever A near the edge of the opposite side A connection with a mirror member can be formed and this invention can be applied also as mirror element 20D which formed the mirror member 90.

[0099] Moreover, you may make it arrange more than one on the piezoelectric device which deforms such a mirror member in the shape of [ above ] a curved surface, of course.

[0100] Furthermore, it is good also as a configuration whose mirror element, for example, installs wiring with a piezoelectric device 30 and a driver element 50 in the peripheral face of supporter material 80A in this way with the configuration supported in the state of the cantilever. That is, you may make it install connection wiring 36 for bottom electrodes A, and connection wiring 37A for upper electrodes on the mirror substrate 11 through the peripheral face of supporter material 80A, without preparing a through tube in mirror element 20C and supporter material 80A, as shown in drawing 11. Moreover, connection wiring 36A for bottom [ this ] electrodes and connection wiring 37A for upper electrodes can be boiled by, for example, inserting the 3rd interlayer insulation film 14 in between so that it may illustrate, and can be performed more easily. Moreover, you may make it, install both [ these ] connection wiring 36A and 37A in the location where the circumferential directions of supporter material 80A differ, of course.

[0101] The example of a configuration at the time of making it act on below as the example of a configuration of the light modulation device which used except the protection-from-light dot array, and a convex mirror is shown. In addition, although especially the configuration to which incidence of the incident light is carried out through the configuration and mirror substrate which possess a mirror substrate on both sides is not illustrated, a suitably selectable thing cannot be overemphasized. Moreover, although the effectiveness that this invention does not need the special optical system which makes a reflector condense incident light by improvement in the condensing engine performance is done so, the optical system which makes incident light condense may be used, and, below, such a configuration is also shown.

[0102] The outline configuration of the light modulation device which formed the pinhole array 110 and the macro lens array 120 is shown in drawing 12 instead of the protection-from-light dot array 100 mentioned above. Here, the pinhole array 110 has a pinhole 111 in the location which counters each mirror element 20, and each macro lens array 120 has a convex lens 121 in the location which counters each mirror element 20. In addition, each pinhole 111 of the pinhole array 110 is formed near the focus of mirror element 20B which deformed.

[0103] Although the light which carried out incidence to mirror element 20B which deformed passes through the pinhole 111 of the pinhole array 110 and it returns in this light modulation device, the light which carried out incidence to mirror element 20A which is not deforming is intercepted by the protection-from-light section 112 of the pinhole array 110.

[0104] That is, in this example, contrary to the example mentioned above, the case where a mirror element is deformed is ON and the case where it has not deformed serves as OFF.

[0105] In addition, the mirror element 20 is made to deform so that the opposite side may serve as a convex in the mirror substrate 11, and even if it acts as a convex mirror, it can consider as a light modulation device.

[0106] Moreover, in each operation gestalt explained above, a piezoelectric device 30 and the mirror substrate 11 which counters are charged in the case of deformation of a piezoelectric device 30, and deformation of a piezoelectric device 30 may be checked by electrostatic force. Therefore, in order to solve such a problem, in addition to the configuration mentioned above, it may be made to make the mirror substrate 11 which counters the bottom electrode layer 32 of a piezoelectric device 30 into the bottom electrode layer 32 and abbreviation same potential which counter further. Namely, a substrate is also changed into a touch-down condition at the case in the condition that the electrode which carries out phase opposite is grounded with the common electrode. By this, electrification by the potential difference of the electrode of a piezoelectric device 30 and a mirror substrate stops arising, deformation of the mirror element 20 is not checked, and the fall of the amount of displacement of the mirror element 20 can be suppressed.

[0107] Moreover, for example, a counterelectrode is prepared on the mirror substrate 11 which counters the bottom electrode layer 32, and you may make it impress an electrical potential difference so that electrostatic force may arise in the direction which assists deformation of a piezoelectric device 30 between this counterelectrode and the bottom electrode layer 32. With such a configuration, the amount of displacement of the mirror element 20 can be made to be able to increase further, the rate of condensing can be raised further, and improvement in an SN ratio can be aimed at.

[0108] Furthermore, with the operation gestalt explained above, although wiring to the bottom electrode layer 32 of each mirror element 20 or the upper electrode layer 34 installed even the mirror substrate 11 through supporter 31a or the supporter material 80 altogether, it is not limited to this. For example, only wiring to the bottom electrode layer 32 may be

installed to the mirror substrate 11 through supporter 31a etc., and in supporter 31a etc., wiring of the upper electrode layer 34 may be prepared so that a part of point of the opposite side may be contacted. In this case, it cannot be overemphasized that it is necessary to make it not bar deformation of a piezoelectric device 30.

[0109]

[Effect of the Invention] Since connection wiring with a piezoelectric device and a driver element was prepared in supporter material while supporting the mirror element by supporter material, it can be made to deform in the shape of an abbreviation curved surface in the light modulation device manufactured by the manufacture approach concerning this invention, as explained above, being able to use a connection part with supporter material as the supporting point. Thereby, curvature change of a mirror element can be enlarged enough and the rate of condensing can be improved remarkably. Therefore, even if it miniaturizes, the effectiveness that sufficient curvature change is obtained is done so.

[0110] Moreover, in this invention, two or more wiring which connects a driver element and a piezoelectric device was installed through supporter material. Moreover, since some of these wiring were formed at the same process, a production process can be simplified and the effectiveness that a production process can be improved is done so.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing the outline of the light modulation device concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 2] It is the important section sectional view of the light modulation device concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 3] They are the sectional view showing the outline of the driver element concerning the operation gestalt 1 of this invention, and the plugging chart of a light modulation device.

[Drawing 4] It is the top view showing the outline of the driver element concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 5] It is the sectional view showing the manufacture approach of the light modulation device concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the manufacture approach of the light modulation device concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 7] It is the outline sectional view of the optical system of the light modulation device concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 8] It is the important section sectional view of the light modulation device concerning the operation gestalt 2 of this invention.

[Drawing 9] It is the sectional view showing the manufacture approach of the light modulation device concerning the operation gestalt 2 of this invention.

[Drawing 10] It is the perspective view showing the outline of the light modulation device concerning other operation gestalten of this invention.

[Drawing 11] It is the important section sectional view of the light modulation device concerning other operation gestalten of this invention.

[Drawing 12] It is the outline sectional view of the optical system of the light modulation device concerning other operation gestalten of this invention.

## [Description of Notations]

10 Light Modulation Device

11 Mirror Substrate

20 Mirror Element

30 Piezoelectric Device

31 Elastic Plate

31a Supporter

32 Bottom Electrode Layer

33 Piezo Electric Crystal Layer

34 Upper Electrode Layer

35 Reflective Film

36 Connection Wiring for Bottom Electrodes

37 Connection Wiring for Upper Electrodes

40 Through Tube

50 Driver Element

53 Drive Wiring

54 1st Signal Line

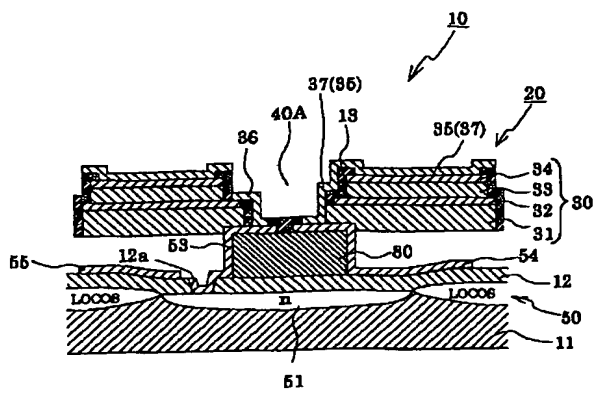
55 2nd Signal Line

80 Supporter Material

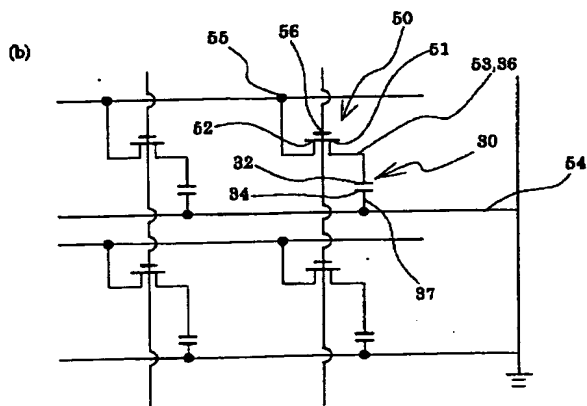
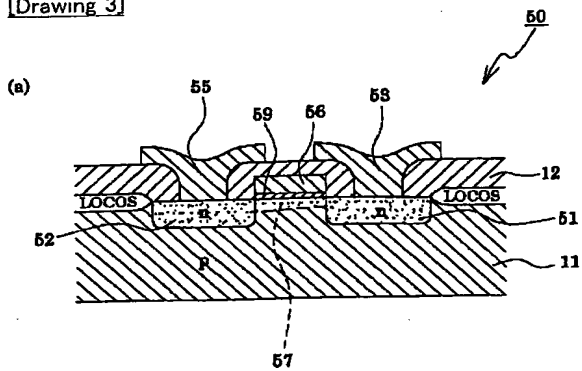
---

[Translation done.]

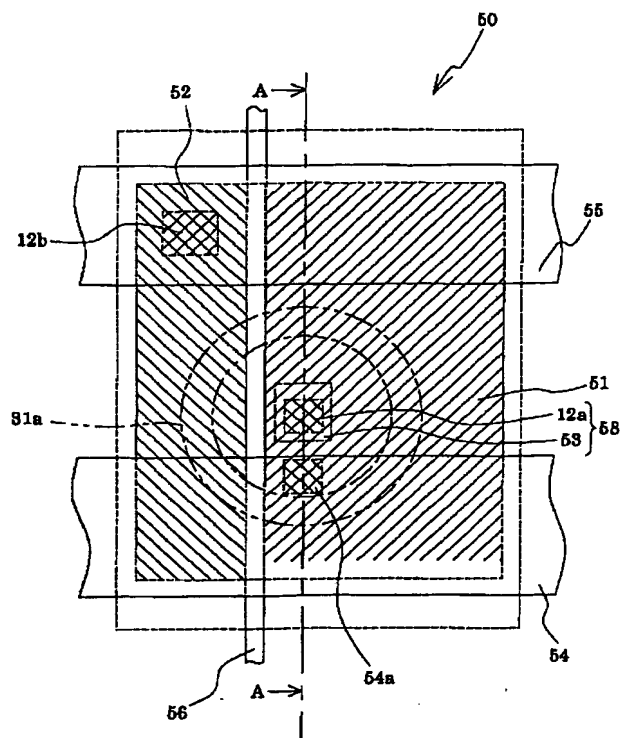




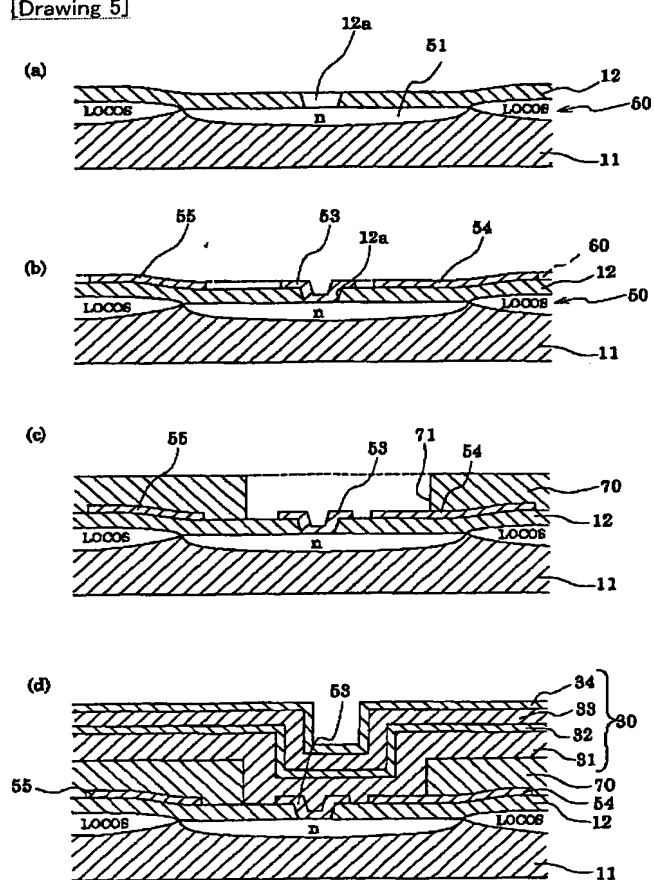
[Drawing 3]



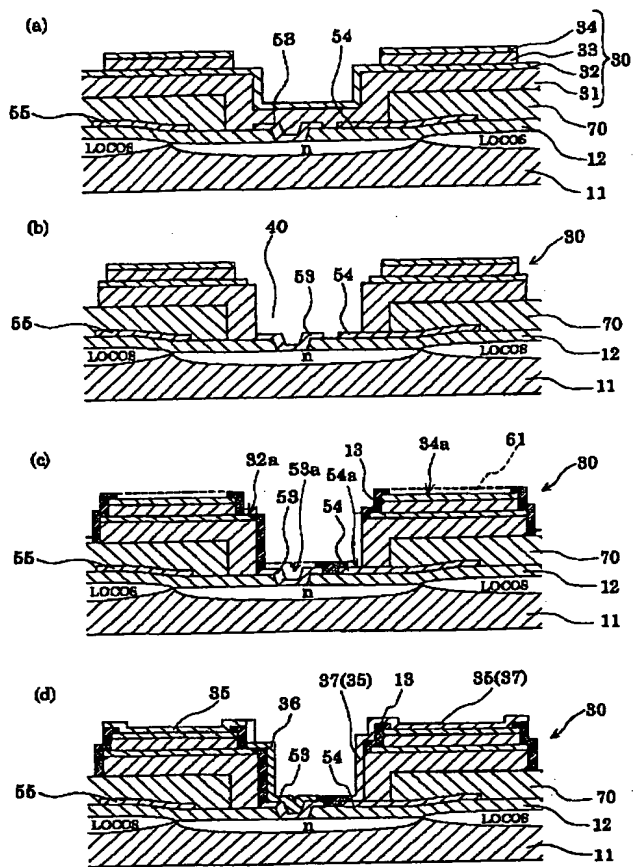
[Drawing 4]



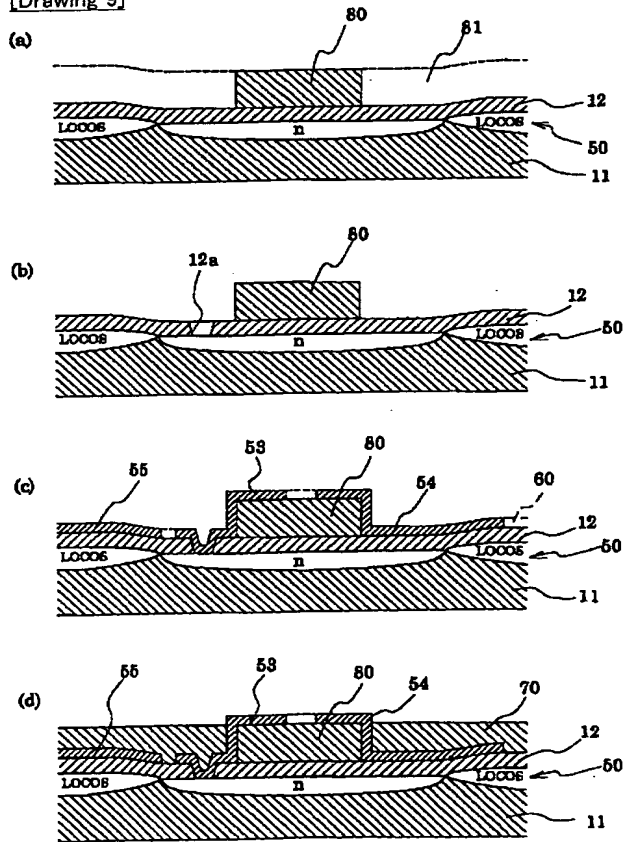
[Drawing 5]



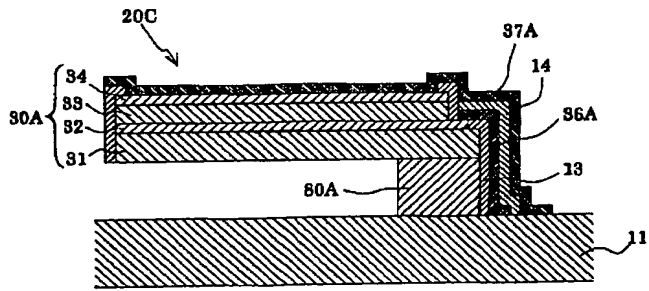
[Drawing 6]



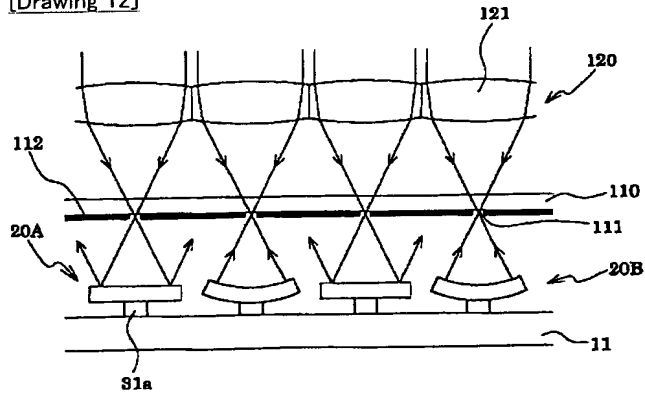
[Drawing 9]



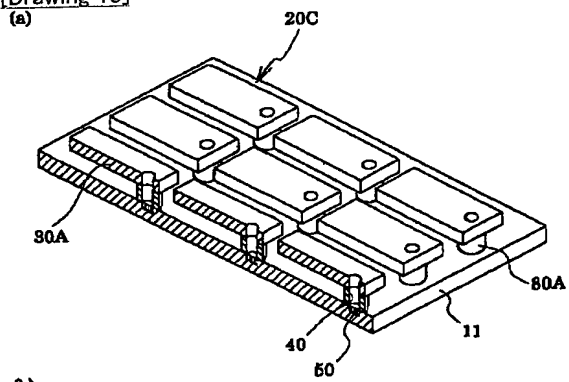
[Drawing 11]



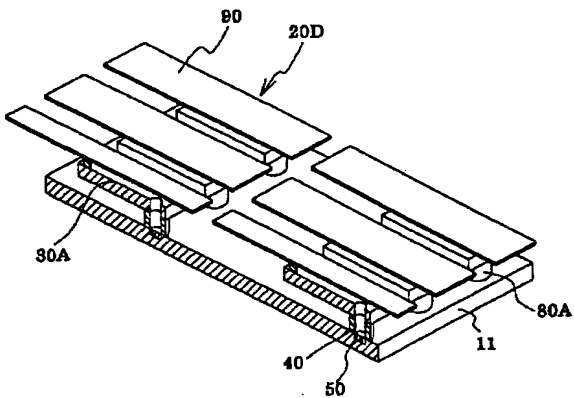
[Drawing 12]



[Drawing 10]



(b)



[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-13426

(P2001-13426A)

(43) 公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

G 0 2 B 26/08

G 0 2 B 26/08

E 2 H 0 4 1

H 0 1 L 41/09

H 0 4 N 5/74

B 5 C 0 5 8

H 0 4 N 5/74

H 0 1 L 41/08

M

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-182464

(22) 出願日 平成11年6月28日 (1999.6.28)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 島田 勝人

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 酒井 真理

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100101236

弁理士 栗原 浩之

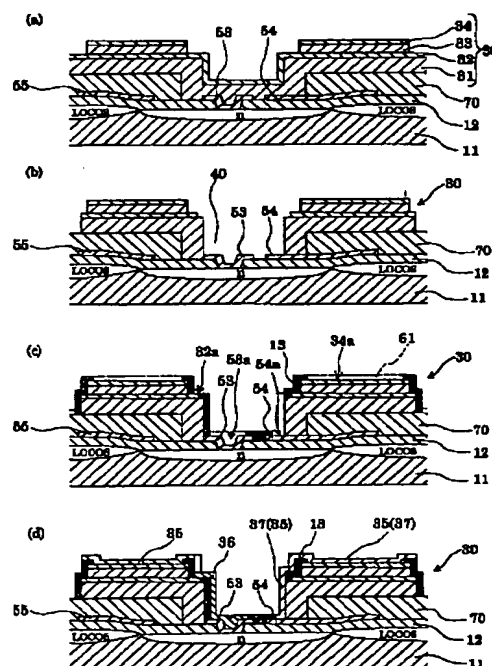
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 反射面の曲率変化を大きくして集光性能を向上させて S/N 比を向上させると共に小型、省スペース化を可能とし、且つ製造効率を向上することのできる光変調デバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】 基板 11 上に駆動素子 50 を形成する工程と、駆動素子 50 上に絶縁膜 12 を形成する工程と、駆動素子 50 との接続をするための接続端子部 58 を絶縁膜 12 に形成する工程と、圧電素子 30 の何れか一方の電極に接続される駆動用配線 53 を接続端子部 58 から引き出す工程と、駆動素子 50 に対応する位置に支持部材 31a を介して圧電素子 30 を形成するための犠牲層 70 をパターン形成する工程と、犠牲層 70 上に圧電素子 30 をパターン形成する工程と、圧電素子 30 の何れか一方の電極と駆動用配線 53 とをそれぞれ接続する第 1 接続用配線 36 を形成すると共に他方の電極に接続される第 2 接続用配線 37 を形成する工程と、犠牲層 70 を除去して支持部材 31a を形成する工程とを有することにより、圧電素子 30 と駆動素子 50 とを接続する配線を比較的容易に形成できる。



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体層及びこれを挟持する第1及び第2の電極とからなる圧電素子を有すると共に光を反射するミラー膜構造を有するミラー要素と、該ミラー要素に対応して基板上に設けられた駆動素子とを有する光変調デバイスの製造方法において、

前記基板上に前記駆動素子を形成する工程と、前記駆動素子上に絶縁膜を形成する工程と、前記駆動素子との接続をするための接続端子部を前記絶縁膜に形成する工程と、前記圧電素子の何れか一方の電極に接続される駆動用配線を前記接続端子部から引き出す工程と、前記駆動素子に対応する位置に支持部材を介して前記圧電素子を形成するための犠牲層をパターン形成する工程と、該犠牲層上に前記圧電素子をパターン形成する工程と、当該圧電素子の何れか一方の電極と前記駆動用配線とをそれぞれ接続する第1接続用配線を形成すると共に他方の電極に接続される第2接続用配線を形成する工程と、前記犠牲層を除去して前記支持部材を形成する工程とを有することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項2】 請求項1において、前記駆動用配線を形成する工程では、当該駆動用配線を形成すると共に前記他方の電極に接続する第1信号配線を形成し、その後当該第1信号配線と前記第2接続用配線とを接続することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項3】 請求項2において、前記駆動用配線を形成する工程では、さらに前記駆動素子のドレインに接続されて信号を供給する第2信号配線を形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項4】 請求項1～3の何れかにおいて、前記支持部材及び当該支持部材に対向する領域の前記圧電素子に少なくとも前記圧電素子を除去した圧電素子除去部を設け、前記第1及び第2接続用配線を前記圧電素子除去部内に平面的に分離して配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項5】 請求項4において、前記支持部材に前記圧電素子除去部に連通する支持部材貫通部を設け、前記第1及び第2接続用配線を当該支持部材貫通部内まで延設されていることを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項6】 請求項4又は5において、前記犠牲層を形成する工程の前に、前記駆動素子に対応した島状の前記支持部材を形成する工程を有することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項7】 請求項6において、前記駆動用配線及び前記第1信号配線を前記支持部材の外周を介して上面まで延設し、前記圧電素子除去部内で前記駆動用配線と前記第1接続用配線、及び前記第1の信号配線と前記第2接続用配線とを接続することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項8】 請求項1～7の何れかにおいて、前記圧

電素子の何れか一方の電極が、前記ミラー膜構造を兼ねることを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項9】 請求項1～7の何れかにおいて、前記圧電素子の何れか一方の電極上に、反射膜を形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項10】 請求項9において、前記反射膜が前記第1又は第2接続用配線を兼ねることを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項11】 請求項1～7の何れかにおいて、前記圧電素子上に前記ミラー膜構造を構成するミラー部材を少なくとも一つ形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項12】 請求項1～11の何れかにおいて、前記圧電素子を前記支持部材との接続部分から二次元方向に広がる形状とすると共に前記支持部材を前記圧電素子の略中央部に形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項13】 請求項1～11の何れかにおいて、前記圧電素子を前記支持部材との接続部分から略一方方向に広がる形状とすると共に、前記支持部材をその長手方向一端部に形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項14】 請求項1～13の何れかにおいて、前記駆動素子を単結晶シリコンからなる前記基板上に形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項15】 請求項1～14の何れかにおいて、前記基板が絶縁体又は絶縁膜が形成された基板からなり、前記基板上にトランジスタが形成されたものであることを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項16】 請求項1～15の何れかにおいて、前記接続端子部が前記絶縁層に形成されたコンタクトホール又は当該コンタクトホールに導電部材が埋設されたプラグであることを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項17】 請求項1～16の何れかにおいて、前記第2信号配線と前記駆動素子のゲート電極である第3信号配線とを交差する方向に配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項18】 請求項1～17の何れかにおいて、前記第1信号配線と第2信号配線との接点が形成されないように、これらの配線を交差しない方向に配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

【請求項19】 請求項1～18の何れかにおいて、前記第1信号配線を接地することを特徴とする光変調デバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射ミラーの変形によって入射光を変調して表示を行うための光変調デバイスの製造方法に関する。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 【0002】

【従来技術】従来、光を変調して表示を行うための光変調デバイスとしては、例えば、基板上に設けた電極に電圧を印加し、その静電力等によってミラーを傾斜させて入射光を変調させるものや、圧電体層を一对の電極膜で挟持した圧電素子上にミラーを設け、駆動素子を介して電圧を印加して圧電素子を変形させることにより、このミラーを傾斜させて入射光を変調させるもの等が知られている。

【0003】また、圧電素子を利用したものとしては、特表平9-504387号公報に見られるように、片持ち梁状の圧電素子の表面に薄膜等からなるミラー膜を形成し、圧電素子を変形させることによりこのミラー膜を屈曲させて入射光の方向を変えるものも提案されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような圧電素子を利用した光変調デバイスは、何れにしても、圧電素子の長手方向一端部を支持した片持ち梁状の構造であり、この構造の場合、圧電素子をその長手方向に沿った一方のみに変形させることで光の方向を変えて変調するため、変調性能が低いという問題がある。

【0005】また、何れの構造にしても、圧電素子を構成する上電極及び下電極と駆動素子とを接続する配線は、それぞれ別工程で形成されるため製造工程が煩雑であり、製造効率が低いという問題がある。

【0006】本発明は、このような事情に鑑み、反射面の曲率変化を大きくして集光性能を向上させてSN比を向上させると共に小型、省スペース化を可能とし、且つ製造効率を向上することのできる光変調デバイスの製造方法を提供することを課題とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の第1の態様は、圧電体層及びこれを挟持する第1及び第2の電極とからなる圧電素子を有すると共に光を反射するミラー膜構造を有するミラー要素と、該ミラー要素に対応して基板上に設けられた駆動素子とを有する光変調デバイスの製造方法において、前記基板上に前記駆動素子を形成する工程と、前記駆動素子上に絶縁膜を形成する工程と、前記駆動素子との接続をするための接続端子部を前記絶縁膜に形成する工程と、前記圧電素子の何れか一方の電極に接続される駆動用配線を前記接続端子部から引き出す工程と、前記駆動素子に対応する位置に支持部材を介して前記圧電素子を形成するための犠牲層をパターン形成する工程と、該犠牲層上に前記圧電素子をパターン形成する工程と、当該圧電素子の何れか一方の電極と前記駆動用配線とをそれぞれ接続する第1接続用配線を形成すると共に他方の電極に接続される第2接続用配線を形成する工程と、前記犠牲層を除去して前記支持部材を形成する工程とを有することを特徴とする

光変調デバイスの製造方法にある。

【0008】かかる第1の態様では、圧電素子の形状に拘わらず、圧電素子と駆動素子とを接続する配線を比較的容易に形成できる。

【0009】本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記駆動用配線を形成する工程では、当該駆動用配線を形成すると共に前記他方の電極に接続する第1信号配線を形成し、その後当該第1信号配線と前記第2接続用配線とを接続することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0010】かかる第2の態様では、駆動用配線と第1信号配線とが同一層で形成されるため、製造工程を簡略化できる。

【0011】本発明の第3の態様は、第2の態様において、前記駆動用配線を形成する工程では、さらに前記駆動素子のドレインに接続されて信号を供給する第2信号配線を形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0012】かかる第3の態様では、駆動用配線と第1信号配線と第2の信号配線とが同一層で形成されるため、製造工程を簡略化できる。

【0013】本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記支持部材及び当該支持部材に対向する領域の前記圧電素子に少なくとも前記圧電素子を除去した圧電素子除去部を設け、前記第1及び第2接続用配線を前記圧電素子除去部内に平面的に分離して配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0014】かかる第4の態様では、圧電素子と駆動素子との配線を圧電素子除去部内に比較的容易に形成できる。

【0015】本発明の第5の態様は、第4の態様において、前記支持部材に前記圧電素子除去部に連通する支持部材貫通部を設け、前記第1及び第2接続用配線を当該支持部材貫通部内まで延設されていることを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0016】かかる第5の態様では、圧電素子と駆動素子との配線を支持部材貫通部を介して比較的容易に形成することができる。

【0017】本発明の第6の態様は、第4又は5の態様において、前記犠牲層を形成する工程の前に、前記駆動素子に対応した島状の前記支持部材を形成する工程を有することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0018】かかる第6の態様では、島状の支持部材を介して圧電素子が支持される。

【0019】本発明の第7の態様は、第6の態様において、前記駆動用配線及び前記第1信号配線を前記支持部材の外表面を介して上面まで延設し、前記圧電素子除去部内で前記駆動用配線と前記第1接続用配線、及び前記第1の信号配線と前記第2接続用配線とを接続することを

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0020】かかる第7の態様では、島状の支持部材を形成後に圧電素子等を形成し、支持部材上で圧電素子と駆動素子との配線を容易且つ確実に接続できる。

【0021】本発明の第8の態様は、第1～7の何れかの態様において、前記圧電素子の何れか一方の電極が、前記ミラー膜構造を兼ねることを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0022】かかる第8の態様では、ミラー膜と一方の電極とが同一工程で形成されるため、製造工程を簡略化できる。

【0023】本発明の第9の態様は、第1～7の何れかの態様において、前記圧電素子の何れか一方の電極上に、反射膜を形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0024】かかる第9の態様では、電極膜とは別に反射膜を選択できるため、反射率の高いミラー膜を形成できる。

【0025】本発明の第10の態様は、第9の態様において、前記反射膜が前記第1又は第2接続用配線を兼ねることを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0026】かかる第10の態様では、反射膜が圧電素子と駆動素子との配線の一部を構成するため、製造工程が簡略化される。

【0027】本発明の第11の態様は、第1～7の何れかの態様において、前記圧電素子上に前記ミラー膜構造を構成するミラー部材を少なくとも一つ形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0028】かかる第11の態様では、ミラー部材によって光が反射されるため、駆動時にも平坦な反射面が得られる。

【0029】本発明の第12の態様は、第1～11の何れかの態様において、前記圧電素子を前記支持部材との接続部分から二次元方向に広がる形状とすると共に前記支持部材を前記圧電素子の略中央部に形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0030】かかる第12の態様では、ミラー要素が曲面状に変形され曲率変化量を向上した光変調デバイスを比較的容易に製造できる。

【0031】本発明の第13の態様は、第1～11の何れかの態様において、前記圧電素子を前記支持部材との接続部分から略一方向に広がる形状とすると共に、前記支持部材をその長手方向一端部に形成することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0032】かかる第13の態様では、圧電素子が片持ち梁状態で支持され、端部を支点として変形する光変調デバイスを比較的容易に製造できる。

【0033】本発明の第14の態様は、第1～13の何れかの態様において、前記駆動素子を単結晶シリコンからなる前記基板上に形成することを特徴とする光変調デ

バイスの製造方法にある。

【0034】かかる第14の態様では、駆動素子を基板上に比較的容易に形成できる。

【0035】本発明の第15の態様は、第1～14の何れかの態様において、前記基板が絶縁体又は絶縁膜が形成された基板からなり、前記基板上にトランジスタが形成されたものであることを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0036】かかる第15の態様では、駆動素子の性能を向上することができる。

【0037】本発明の第16の態様は、第1～15の何れかの態様において、前記接続端子部が前記絶縁層に形成されたコンタクトホール又は当該コンタクトホールに導電部材が埋設されたプラグであることを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0038】かかる第16の態様では、コンタクトホール又はプラグを介して駆動素子と駆動用配線とが接続される。

【0039】本発明の第17の態様は、第1～16の何れかの態様において、前記第2信号配線と前記駆動素子のゲート電極である第3信号配線とを交差する方向に配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0040】かかる第17の態様では、第2の信号配線の何れかと第3信号配線の何れかを選択することで、これらが交差する部分の圧電素子を選択的に駆動できる。

【0041】本発明の第18の態様は、第1～17の何れかの態様において、前記第1信号配線と第2信号配線との接点が生じないように、これらの配線を交差しない方向に配置することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0042】かかる第18の態様では、第1信号配線と第2信号配線とが短絡することがなく、これらの配線を同一平面上に形成できる。

【0043】本発明の第19の態様は、第1～18の何れかの態様において、前記第1信号配線を接地することを特徴とする光変調デバイスの製造方法にある。

【0044】かかる第19の態様では、第1信号配線を基準として第2信号配線及び第3信号配線に容易に電圧を加えることができる。

【0045】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0046】（実施形態1）図1は、実施形態1に係る光変調デバイスの概略を示す斜視図であり、図2は、その一つのミラー要素を示す断面図である。

【0047】図1に示すように、本実施形態の光変調デバイス10は、例えば、厚さが500μmのシリコン（Si）基板等で形成されたミラー基板11と、このミ

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



ラー基板11上に、2次元アレイ状に設けられたミラー要素20と、このミラー要素20を変形させる駆動素子50とを有する。

【0048】ミラー要素20は、例えば、1280×1024要素の2次元アレイ状に設けられ、各ミラー要素20は、例えば、図2に示すように、弾性板31上に形成された下電極膜32、圧電体層33及び上電極膜34を有する圧電素子30と、この圧電素子30の上電極膜34上に略全面に亘って設けられた反射膜35とを有する。また、各ミラー要素20の表面は、例えば、一辺が約20μmの略正方形を有し、その略中心部には後述する貫通孔が形成されている。また、本実施形態では、弾性板31の略中央部に略円筒形状の支持部31aを有し、ミラー要素20はこの支持部31aを介してミラー基板11に固定されている。すなわち、これらのミラー要素20は、この支持部31aを支点として、一辺略20μmの領域が変形されるようになっている。このようなミラー要素20を保持する支持部31aの外径は、特に限定されないが、ミラー要素20を確実に保持可能な程度で、できるだけ小さいことが好ましい。

【0049】また、この支持部31a及びこれに対向する領域のミラー要素20には、これらを貫通してミラー基板11を露出する貫通孔40が形成されており、この貫通孔40を介して駆動素子50と圧電素子30の上電極膜34及び下電極膜32とがそれぞれ接続されている。

【0050】この駆動素子50は、圧電素子30を駆動するトランジスタであり、例えば、p型のシリコン基板に各ミラー要素20に対応して設けられたnチャンネルMOSTランジスタである。これらの駆動素子50は、第1の層間絶縁膜12によって覆われており、各ミラー要素20は、実際には、この第1の層間絶縁膜12上に支持部31aを介して設けられている。

【0051】ここで、圧電素子30を駆動する駆動素子50であるMOSTランジスタの基本的な構成を説明する。MOSTランジスタは、図3に示すように、p形シリコン基板であるミラー基板11の2カ所にそれぞれドナーがドーピングされたソース51とドレイン52とを有する。ソース51には、駆動配線53等を介して圧電素子30の下電極膜32に接続され、上電極膜34には第1信号ライン54が接続されている。また、ドレイン52には第2信号ライン55が接続されており、これらソース51とドレイン52との間には、ゲート絶縁膜59を介してゲート電極56が設けられている。

【0052】このような構成のMOSTランジスタでは、ソース51に対してゲート電極56に正のバイアス電圧を印加すると、ゲート絶縁膜59に接する半導体表面では、表面に印加された正の電圧によって正孔が表面から追い出されるため、p形シリコン基板であるミラー基板11には、静電誘導によって電子が誘起され、電子

の通路であるチャネル57が形成される。このとき、ソース51に対してドレイン52に正の電圧を印加すると、ソース51から注入された電子は、チャネル57を通過してドレイン52に移動する。すなわち、ドレイン52とソース51との間に電流が流れて圧電素子30が駆動される。

【0053】ここで、本実施形態に係る圧電素子30と駆動素子50との配線構造について説明する。図4は、駆動素子50の一つを模式的に示した平面図である。なお、図2は、図4のA-A断面を示す図となっている。

【0054】図2及び図4に示すように、支持部31aの貫通孔40に対応する領域の第1の層間絶縁膜12には、下電極膜32と駆動素子50のソース51とを接続する接続端子部58が設けられている。この接続端子部58は、本実施形態では、第1の層間絶縁膜12にソース51を露出するコンタクトホール12aが形成されると共に、このコンタクトホール12aにソース51に接続される駆動配線53が第1の層間絶縁膜12上まで延設されることにより構成されている。そして、この接続端子部58となる駆動配線53と下電極膜32とが、貫通孔40内に設けられた第2の層間絶縁膜13上に円周方向の一部に延設された下電極用接続配線36によって接続されている。なお、この接続端子部58は、コンタクトホール12aに駆動配線53を形成する構成に限定されず、第1の層間絶縁膜12に形成したコンタクトホール12aを介して下電極膜32と接続可能な構成であればよく、例えば、コンタクトホール12aにタングステン(W)等のプラグ部材を埋設し、これと下電極膜32とを接続する構成としてもよい。

【0055】また、この接続端子部58の両側には、上電極膜34に信号を供給する第1信号ライン54と駆動素子50のドレイン52に接続する第2信号ライン55とが、本実施形態では、ゲート電極56に略直交する方向にそれぞれ延設されている。

【0056】この第1信号ライン54は、少なくとも幅方向一端部が支持部31aの貫通孔40に対向する領域に位置するように設けられ、その延設方向の端部で接地されている。また、第1信号ライン54と上電極膜34とは貫通孔40内に設けられた第2の層間絶縁膜13上に延設された上電極用接続配線37によって接続されている。例えば、本実施形態では、反射膜35が上電極用接続配線37を兼ねており、反射膜35が上電極膜34上から貫通孔40内の円周方向の一部に延設されて第1信号ライン54の幅方向一端部の露出部54aに接続されている。なお、反射膜35と上電極用接続配線37とを別々に設けてもよいことは言うまでもない。

【0057】ここで、下電極用接続配線36と上電極用接続配線37を兼ねる反射膜35とは、本実施形態では、同一平面上である第2の層間絶縁膜13上に延設されているが確実に絶縁されている。すなわち、これらの

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

接続配線36、37は、所定の幅で貫通孔40内に相対向して設けられており、延設方向においては、詳しくは後述するが、第2の層間絶縁膜13によって確実に絶縁されている。

【0058】また、第2信号ライン55は、本実施形態では、支持部31aの外側に設けられており、駆動素子50のドレイン52に対向する領域の第1の層間絶縁膜12に設けられたコンタクトホール12bを介してドレイン52と接続されている。

【0059】このような構成では、上述のような駆動素子50の動作により、所望の圧電素子30に選択的に電圧を印加して駆動させることができ、ミラー要素20の変形制御を容易に行うことができる。

【0060】このような本実施形態の光変調デバイス10の製造方法は、特に限定されないが、本実施形態では、以下の工程で製造した。なお、図5及び図6は、本実施形態の光変調デバイスの製造方法を示す断面図である。

【0061】まず、図5(a)に示すように、p型のシリコン基板に予めMOSトランジスタである駆動素子50を形成したミラー基板11上に第1の層間絶縁膜12を形成し、その後パターニングすることにより、駆動素子50のソース51に対向する領域にソース51を露出するコンタクトホール12aを形成する。この第1の層間絶縁膜12の材質は、絶縁材料であれば特に限定されず、例えば、窒化珪素、酸化珪素等を用いることができる。

【0062】次に、図5(b)に示すように、第1の層間絶縁膜12上に、駆動配線53、第1信号ライン54及び第2信号ライン55を形成する。すなわち、第1の層間絶縁膜12上全面に配線膜60を形成し、その後パターニングすることにより、駆動配線53、第1信号ライン54及び第2信号ライン55とする。

【0063】次に、図5(c)に示すように、犠牲層70を形成すると共にパターニングして各ミラー要素20に対応して犠牲層除去部71を形成する。この犠牲層70は、各ミラー要素20に対応して支持部31aを形成するためのものであり、その材料は、特に限定されないが、例えば、ポリシリコン又はリンドープ酸化シリコン(PSG)等を用いることが好ましく、本実施形態では、エッチングレートが比較的速いPSGを用いた。

【0064】次に、図5(d)に示すように、犠牲層70の形状に沿って、圧電素子30を構成する弾性板31、下電極膜32、圧電体層33及び上電極膜34を順次積層する。

【0065】弾性板31の材料は、弾性変形可能で且つ所定の剛性を有する材料であれば、特に限定されないが、本実施形態では、ジルコニウム層を形成後、例えば、500～1200℃の拡散炉で熱酸化して酸化ジルコニウムからなる弾性板31とした。

【0066】下電極膜32の材料としては、白金等が好適である。これは、後述するようにスパッタリング法やゾルゲル法で成膜する圧電体層33は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で600～1000℃程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下電極膜32の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体層33としてチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を用いた場合には、酸化鉛(PbO)の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましい。これらの理由から、本実施形態では、白金をスパッタリングによって形成した。

【0067】圧電体層33の材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系の材料が好ましく、本実施形態では、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物とする、いわゆるゾルゲル法を用いて圧電体層33を形成した。なお、この圧電体層33の成膜方法は、特に限定されず、例えばスパッタリング法で形成してもよい。

【0068】さらに、ゾルゲル法又はスパッタリング法等によりチタン酸ジルコン酸鉛の前駆体膜を形成後、アルカリ水溶液中での高圧処理法にて低温で結晶成長させる方法を用いてもよい。

【0069】上電極膜34は、導電性の高い材料であればよく、アルミニウム、金、ニッケル、白金等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、白金をスパッタリングにより成膜している。

【0070】次に、図6(a)に示すように、圧電素子30を構成する上電極膜34及び圧電体層33をエッチングによりパターニングする。続いて、図6(b)に示すように、下電極膜32及び弾性板31をエッチングによりパターニングして、ミラー要素20を構成する各圧電素子30を形成すると共に、各圧電素子30の略中央部に駆動配線53及び第1信号ライン54を露出する貫通孔40を形成する。このとき、下電極膜32の貫通孔40側の端部を少なくとも圧電体層33よりも内側に位置するようにパターニングし、下電極膜32の表面を露出させておくことが好ましい。

【0071】次に、図6(c)に示すように、圧電素子30及び貫通孔40を覆って第2の層間絶縁膜13を形成すると共にパターニングする。詳しくは、パターニングにより、上電極膜37上に両端部を残して円周方向略全面に亘って上電極膜34が露出する上電極露出部34aを形成すると共に、下電極膜32上に円周方向の一部の表面が露出する下電極露出部32aを形成する。さらに、ミラー基板11上の駆動配線53上に少なくともその一部が露出する駆動配線露出部53aを形成すると共に、第1信号ライン54上の一部が露出する信号ライン露出部54aを形成する。

【0072】このように第2の層間絶縁膜13をパター

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ニングすることにより、この第2の層間絶縁膜13によって、以下の工程で形成される下電極用接続配線36と上電極用接続配線37との絶縁が図られると共に、駆動配線53と第1信号ライン54との絶縁が図られる。なお、この第2の層間絶縁膜13の材料としては、第1の層間絶縁膜12と同様に、例えば、窒化珪素、酸化珪素の他、ポリイミドを用いてもよい。

【0073】次に、図6(d)に示すように、上電極膜34上に反射膜35を形成すると共に、貫通孔40の内周面に下電極用接続配線36、上電極用接続配線37を形成する。本実施形態では、反射膜35が上電極用接続配線37を兼ねており、この反射膜35と下電極用接続配線36とは、同一平面、すなわち、同一層によって形成されている。したがって、反射膜35及び下電極用接続配線36となる接続配線膜61を上電極膜34上から貫通孔40の内面に亘って形成すると共に、バターニングして分離することにより形成することができる。すなわち、上電極膜34上略全面に亘って反射膜35を形成すると共に、貫通孔40の円周方向の一部に反射膜35の一部から連続して信号ライン露出部54aまで上電極用接続配線37を延設する。さらに、貫通孔40の円周方向の一部に、下電極膜露出部32aと駆動配線露出部53aとを接続する下電極用接続配線36を形成する。

【0074】なお、このような接続配線膜61の材料としては、本実施形態では、反射膜35が上電極用接続配線37を兼ねているため、導電性の材料であり且つ光の反射率が高いことが好ましく、例えば、アルミニウム(A1)又は銀(Ag)等を用いることが好ましい。

【0075】その後、犠牲層70をエッチングにより除去する。本実施形態では、犠牲層70の材料として、PSGを用いているため、弗酸水溶液によってエッチングした。なお、ポリシリコンを用いた場合には、弗酸及び硝酸の混合水溶液、あるいは水酸化カリウム水溶液によってエッチングすることができる。

【0076】以上が、本実施形態の光変調デバイスの一連の製造工程である。なお、第2信号ライン55と駆動素子50のドレイン52との接続については説明していないが、駆動配線53とソース51との接続部と同様に、ドレイン52に対向する領域の第1の層間絶縁膜12に貫通孔等を形成することにより第2信号ライン55とドレイン52とを接続すればよい。

【0077】ここで、このように形成された本実施形態の光変調デバイスの動作について説明する。なお、図7は、本実施形態の光変調デバイス及び光変調デバイスに照射される光の光路を模式的に示した図である。

【0078】光変調デバイス10は、ミラー要素20を変形させることにより光を変調させるものであり、本実施形態では、ミラー要素20は、圧電素子30に電圧が印加されない状態ではほぼ平坦となっており、駆動素子50のスイッチングによって圧電素子30に電圧が印加

されると圧電素子30の圧電体層33が面内方向に収縮して、ミラー要素20は弾性板31が接合された支持部31aを支点として、圧電素子30は弾性板31側を凸として変形し、反射膜35が凹面鏡となるようになっていく。

【0079】また、このような本実施形態の光変調デバイス10は、例えば、図7に示すように、ミラー要素20に相対向する位置に、遮光ドットアレイ100を具備する。この遮光ドットアレイ100は、例えば、ガラス等の透明基板からなり、各ミラー要素に対向して遮光ドット101が設けられている。この遮光ドット101は、光吸収材料からなり、例えば、樹脂に分散されたカーボンブラック、黒色顔料、黒色染料等が挙げられる。また、遮光ドットアレイ100は、各遮光ドット101が凹面鏡状に変形したミラー要素20Bの焦点近傍に設けられている。例えば、本実施形態の構成では、ミラー要素20Bの変形量は0.2μmであるため、遮光ドット101は各ミラー要素20から約0.2mmの距離で設けられている。

【0080】このような構成では、圧電素子30に電圧が印加されていない状態では、入射光90がミラー要素20Aの反射膜35に対して略直角に入射されるため、入射光90は入射光路と略同一光路で出射される。一方、駆動素子50によって圧電素子30に電圧が印加された状態ではミラー要素が変形されて凹面鏡となるため、反射された後には変形したミラー要素20Bの焦点方向に集光される。本実施形態では、上述のように遮光ドット101が変形したミラー要素20Bの焦点近傍に設けられているため、入射光90は反射された後、遮光ドット101に集光されて入射方向にもどることはない。すなわち、このような光変調デバイス10を表示装置等に用いた場合、圧電素子30に電圧を印加する、しないによって、入射光90のON、OFFの制御を容易に行うことができる。なお、上述した例では、圧電素子30が変形しない場合がON、変形した場合がOFFとなるが、勿論、これと逆になるように設定することもできる。

【0081】以上のような本実施形態の構成では、圧電素子30の上電極膜34及び下電極膜32と駆動素子50とを接続する上電極用接続配線37及び下電極用接続配線36を比較的容易に形成することができる。また、これら上電極用接続配線37及び下電極用接続配線36を支持部31aに形成された貫通孔40内に形成するようにした。これにより、圧電素子30が支持部31aから二次元方向に延設される構造の光変調デバイスを実現でき、その配線も比較的容易に形成することができる。

【0082】したがって、ミラー要素の周囲を保持して変形させる構成に比べて、ミラー要素の変形量を十分に大きくした光変調デバイスを実現することができる。また、このような光変調デバイスは、反射面の開口率が

**THIS PAGE BLANK (US)**

きく反射効率が向上する。さらには、集光率が高く、S/N比が大きい光変調デバイスを実現することができる。また、圧電素子の少なくとも上電極膜と駆動素子とを接続する配線が、ミラー要素の実質的に変形されない部分に設けられているため、配線により変形が拘束されることがなく、性能の低下を防止することができる。

【0083】また、上述した実施形態で、第1信号ライン54は、その延設方向の端部で接地するようにしたが、これに限定されない。

【0084】(実施形態2) 図8は、実施形態2に係る光変調デバイスの断面図である。

【0085】本実施形態は、ミラー要素20を支持する支持部材をミラー要素20とは別部材で形成した例であり、例えば、本実施形態では、図8に示すように、ミラー基板上に島状の支持部材80が設けられ、ミラー要素20はこの支持部材80を介してミラー基板11上に固定され、この支持部材80に対向する領域には、支持部材80の表面が露出する貫通部40Aが設けられている。

【0086】また、本実施形態では、駆動素子50のソース51を露出するコンタクトホール12aが支持部材80の外側の第1の層間絶縁膜12に形成されており、駆動配線53がこのコンタクトホール12aから貫通部40Aに対向する領域の支持部材80上まで延設されており、この貫通部40A内で下電極用接続配線36を介して下電極膜32と接続されている。また、第1信号ライン54も支持部材80上まで延設されており、貫通部40Aに対向する領域の支持部材80上で上電極用接続配線37を兼ねる反射膜35を介して上電極膜34と接続されている。

【0087】このような構成の光変調デバイスの製造方法は、特に限定されいが、例えば、本実施形態では、以下の工程で製造した。なお、図9は、実施形態2に係る光変調デバイスの製造工程を示す断面図である。

【0088】まず、図9(a)に示すように、実施形態1と同様に、p型のシリコン基板に予めMOSトランジスタからなる駆動素子50を形成したミラー基板11上に第1の層間絶縁膜12を形成し、この第1の層間絶縁膜12上に、支持部材材料層81を形成しパターニングすることにより、各ミラー要素20に対応して島状の支持部材80を形成する。

【0089】次に、図9(b)に示すように、第1の層間絶縁膜12の各支持部材80近傍に、第1の層間絶縁膜12をパターニングすることにより、駆動素子50のソース51を露出するコンタクトホール12aを形成する。

【0090】次に、図9(c)に示すように、第1の層間絶縁膜12及び支持部材80上に、駆動配線53、第1信号ライン54及び第2信号ライン55を形成する。すなわち、第1の層間絶縁膜12及び支持部材80上全

面に配線膜60を形成し、その後パターニングすることにより、駆動配線53、第1信号ライン54及び第2信号ライン55とする。

【0091】次に、図9(d)に示すように、支持部材80の周囲に犠牲層70を形成する。この犠牲層70上には、以下の工程で圧電素子30を構成する各層が形成されるが、この圧電素子30の下面の高さと支持部材80の上面の高さととは略同一であることが好ましい。そのため、この犠牲層70は、支持部材80と略同一の高さで形成することが好ましい。

【0092】なお、その後は、図6に示す実施形態1の製造工程と同様、圧電素子30及び反射膜35等を形成及びパターニング後、犠牲層70を除去することにより、本実施形態の構成の光変調デバイスを製造することができる。

【0093】このような本実施形態の構成においても、実施形態1と同様に、圧電素子30の上電極膜34及び下電極膜32と駆動素子50とを接続する配線を比較的容易に形成することができ、ミラー要素の変形量を十分に大きくした光変調デバイスを実現することができる。

【0094】なお、本実施形態では、支持部材80上で、駆動配線53と下電極用接続配線36との接続等を行う構成としたが、これに限定されず、例えば、支持部材にミラー基板11に連通する連通孔を設け、ミラー基板11上で行うようにしてもよい。

【0095】(他の実施形態) 以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明の光変調デバイスは上述した実施形態に限定されるものではないが、何れにしても比較的容易に圧電素子と駆動素子との接続配線を形成することができる。

【0096】また、上述した実施形態では、反射膜35は凹面鏡として作用するものとしたが、これに限定されず、成膜条件等を適宜調整して凸面鏡として作用させるようにしてもよい。

【0097】また、例えば、上述の実施形態では、ミラー要素20を支持する、例えば、支持部材80に対応する部分から圧電素子30が二次元方向に延設され、この支持部材80に対応する部分を支点としてミラー要素20が曲面状に変形する光変調デバイスを例示したが、この構成に限定されず、例えば、図10(a)に示すように、ミラー要素20Cが支持部材80Aから略一方方向に延設され、その長手方向一端部で支持部材80Aにより片持ち梁状態で支持された構成であっても、本発明を適用することができる。

【0098】また、例えば、上述の実施形態では、圧電素子30上に反射膜35を形成してミラー要素20とした構成を例示したが、これに限定されず、例えば、図10(b)に示すように、支持部材80Aによって片持ち梁状態で支持された圧電素子30Aの支持部材80Aとは反対側の端部近傍に、ミラー部材との接続部を形成

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



し、ミラー部材90を設けたミラー要素20Dとしても、本発明を適用することができる。

【0099】また、勿論、このようなミラー部材を上述のような曲面状に変形する圧電素子上に、複数個配列するようにしてもよい。

【0100】さらに、例えば、このようにミラー要素が片持ち梁状態で支持された構成では、圧電素子30と駆動素子50との配線を、支持部材80Aの外周面に延設する構成としてもよい。すなわち、図11に示すように、ミラー要素20C及び支持部材80Aに貫通孔を設けず、下電極用接続配線36A及び上電極用接続配線37Aを支持部材80Aの外周面を介してミラー基板11上まで延設するようにしてもよい。また、この下電極用接続配線36Aと上電極用接続配線37Aとは、例えば、図示するように第3の層間絶縁膜14を間に挟むことにより容易に行うことができる。また、勿論、これら両接続配線36A及び37Aを支持部材80Aの円周方向の異なる位置に延設するようにしてもよい。

【0101】以下には、遮光ドットアレイ以外を用いた光変調デバイスの構成例、及び凸面鏡として作用させた場合の構成例を示す。なお、ミラー基板を両側に具備する構成及びミラー基板を介して入射光を入射させる構成は特に図示しないが、適宜選択可能であることはいうまでもない。また、本発明は集光性能の向上により入射光を反射面に集光させる特別な光学系を必要としないという効果を奏するものであるが、入射光を集光させる光学系を用いてもよく、以下にはこのような構成も示す。

【0102】図12には、上述した遮光ドットアレイ100の代わりに、ピンホールアレイ110及びマクロレンズアレイ120を設けた光変調デバイスの概略構成を示す。ここで、ピンホールアレイ110は、各ミラー要素20に対向する位置にピンホール111を有し、また、各マクロレンズアレイ120は、各ミラー要素20に対向する位置に凸レンズ121を有する。なお、ピンホールアレイ110の各ピンホール111は、変形したミラー要素20Bの焦点近傍に設けられている。

【0103】かかる光変調デバイスでは、変形したミラー要素20Bに入射した光はピンホールアレイ110のピンホール111を通過して戻るが、変形していないミラー要素20Aに入射した光はピンホールアレイ110の遮光部112に遮断される。

【0104】すなわち、この例では、上述した例とは反対に、ミラー要素を変形した場合がONであり、未変形の場合がOFFとなる。

【0105】なお、ミラー要素20をミラー基板11とは反対側が凸となるように変形させ、凸面鏡として作用しても光変調デバイスとすることができる。

【0106】また、以上説明した各実施形態においては、圧電素子30の変形の際に圧電素子30と対向するミラー基板11が帯電し、静電力により圧電素子30の

変形が阻害される可能性がある。従って、このような問題を解消するために、上述した構成に加えて、さらに、圧電素子30の下電極膜32に対向するミラー基板11に対向する下電極膜32と略同一電位にするようにしてもよい。すなわち、相対向する電極が共通電極で接地されている状態の場合には、基板も接地状態にする。これにより、圧電素子30の電極とミラー基板との電位差による帯電が生じなくなり、ミラー要素20の変形が阻害されることがなく、ミラー要素20の変位量の低下を抑えることができる。

【0107】また、例えば、下電極膜32に対向するミラー基板11上に対向電極を設け、この対向電極と下電極膜32との間に、圧電素子30の変形を補助する方向に静電力が生じるように電圧を印加するようにしてもよい。このような構成では、ミラー要素20の変位量をさらに増加させることができ、集光率をさらに高め、SN比の向上を図ることができる。

【0108】さらに、以上説明した実施形態では、各ミラー要素20の下電極膜32又は上電極膜34への配線は、全て支持部31a又は支持部材80を介してミラー基板11まで延設するようにしたが、これに限定されるものではない。例えば、下電極膜32への配線のみは支持部31a等を介してミラー基板11へ延設し、上電極膜34の配線は支持部31a等とは反対側の先端部の一部に接触するように設けてもよい。この場合、圧電素子30の変形を妨げることがないようにする必要があることは言うまでもない。

【0109】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る製造方法で製造された光変調デバイスでは、ミラー要素を支持部材で支持すると共に、支持部材内に圧電素子と駆動素子との接続配線を設けるようにしたため、支持部材との接続部分を支点として略曲面状に変形させることができる。これにより、ミラー要素の曲率変化を十分に大きくすることができ、集光率を著しく向上することができる。したがって、小型化しても十分な曲率変化が得られるという効果を奏する。

【0110】また、本発明では、駆動素子と圧電素子とを接続する複数の配線を支持部材を介して延設するようにした。また、これら配線のうちの幾つかを同一工程で形成するようにしたため、製造工程を簡略化でき製造工程を向上することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係る光変調デバイスの概略を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施形態1に係る光変調デバイスの要部断面図である。

【図3】本発明の実施形態1に係る駆動素子の概略を示す断面図及び光変調デバイスの配線図である。

【図4】本発明の実施形態1に係る駆動素子の概略を示

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

す平面図である。

【図5】本発明の実施形態1に係る光変調デバイスの製造方法を示す断面図である。

【図6】本発明の実施形態1に係る光変調デバイスの製造方法を示す断面図である。

【図7】本発明の実施形態1に係る光変調デバイスの光学系の概略断面図である。

【図8】本発明の実施形態2に係る光変調デバイスの要部断面図である。

【図9】本発明の実施形態2に係る光変調デバイスの製造方法を示す断面図である。

【図10】本発明の他の実施形態に係る光変調デバイスの概略を示す斜視図である。

【図11】本発明の他の実施形態に係る光変調デバイスの要部断面図である。

【図12】本発明の他の実施形態に係る光変調デバイスの光学系の概略断面図である。

【符号の説明】

\* 10 光変調デバイス

11 ミラー基板

20 ミラー要素

30 圧電素子

31 弾性板

31a 支持部

32 下電極膜

33 圧電体層

34 上電極膜

35 反射膜

36 下電極用接続配線

37 上電極用接続配線

40 貫通孔

50 駆動素子

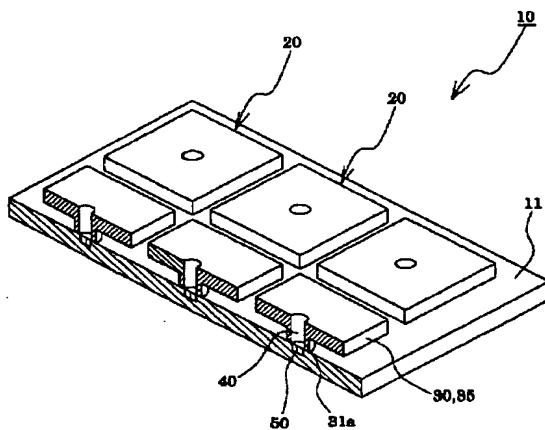
53 駆動配線

54 第1信号ライン

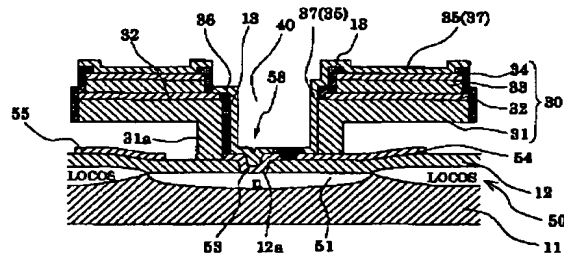
55 第2信号ライン

\* 80 支持部材

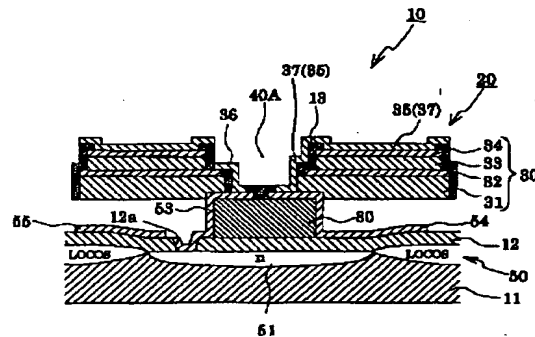
【図1】



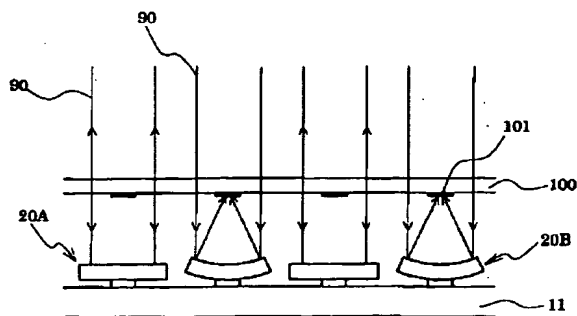
【図2】



【図8】

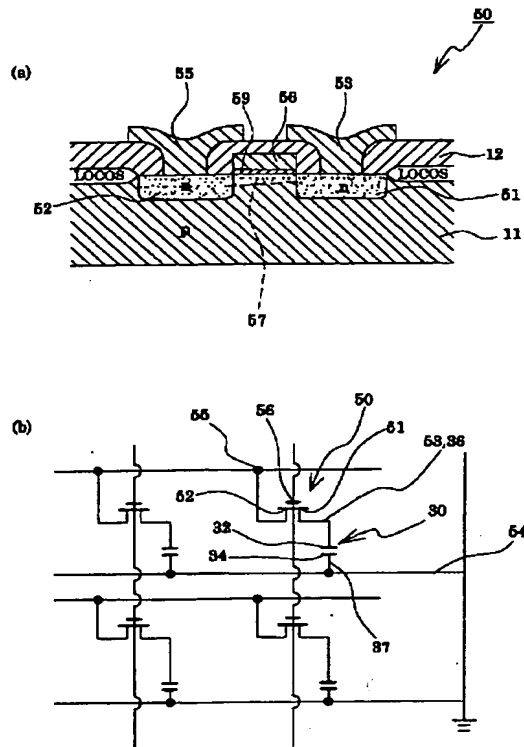


【図7】

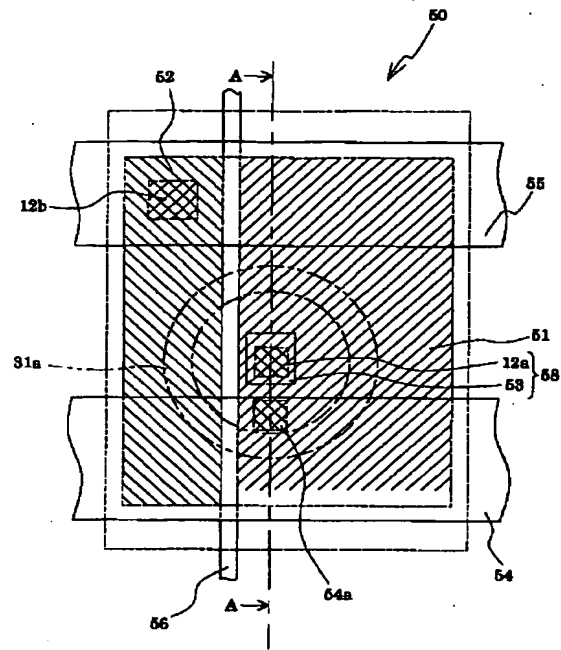


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

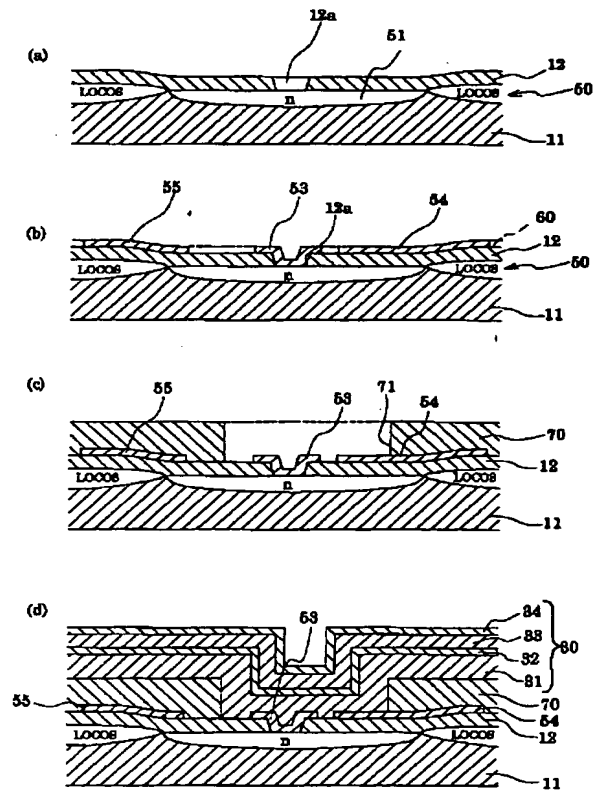
【図3】



【図4】

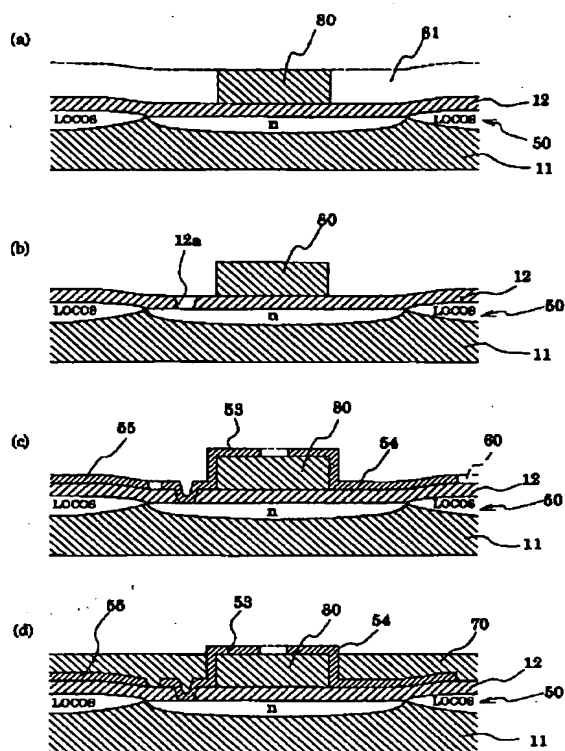


【図5】

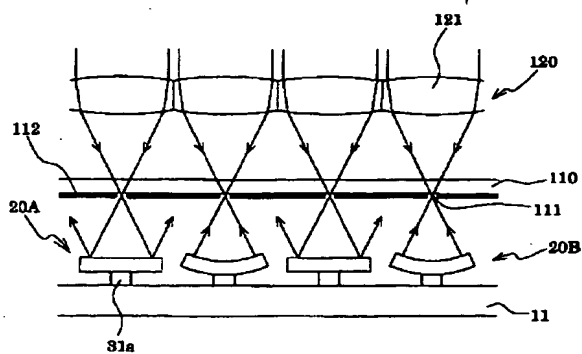


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

【圖9】



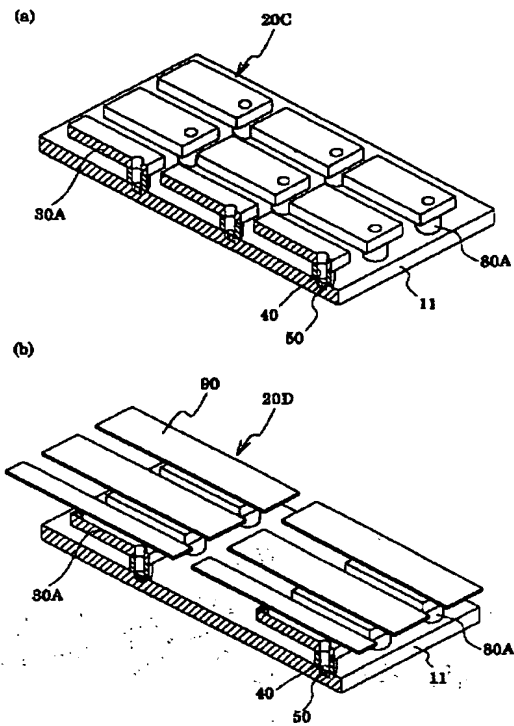
【圖 12】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



【図10】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H041 AA04 AB12 AB38 AC08 AZ02  
AZ08  
5C058 AA18 AB04 BA01 BA05 BA33  
BA35 EA13 EA27

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**